

Aus dem Institut für Sportwissenschaft
der Freien Universität Berlin

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR
BESTIMMUNG DER PWC
BEI KINDERN UND ERWACHSENEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie
des Fachbereichs 12
der Freien Universität Berlin
(Erziehungs- und Unterrichtswissenschaften)

vorgelegt von
Klaus-Jürgen Vogt
aus
Berlin
1983



Aus dem Institut für Sportwissenschaft
der Freien Universität Berlin

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR
BESTIMMUNG DER PWC
BEI KINDERN UND ERWACHSENEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie
des Fachbereichs 12
der Freien Universität Berlin
(Erziehungs- und Unterrichtswissenschaften)

vorgelegt von
Klaus-Jürgen Vogt
aus
Berlin
1983

Gedruckt mit Genehmigung

des Fachbereichs 12 der Freien Universität Berlin

(Erziehungs- und Unterrichtswissenschaften)

FB-Sprecher: Prof. Dr. H. Westmeyer

Referent: Prof. Dr. H. Mellerowicz

Korreferent: Prof. Dr. K. Maidorn

Tag der mündlichen Prüfung: 14.2.1983

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Begründung	1
2. Methodik	4
2.1. Untersuchungsgut	4
2.2. Untersuchungsmethodik	5
2.2.1. Versuchsablauf	5
2.2.2. Untersuchungsbedingungen	5
2.3. Ergometrische Methoden	7
2.3.1. Ergometer	7
2.3.2. Standardisierung der Ergometrie	8
2.3.2.1. Physikalische und biologische Grundlagen der Ergometrie	8
2.3.2.2. Drehzahlen	9
2.3.2.3. Sattelhöhe und Fußkurbellänge	14
2.3.3. Leistungsstufen	14
2.4. Methodik der Herzschlagfrequenzmessung	17
2.4.1. Auskultatorische Messung der Herzschlagfrequenz	17
2.4.2. Berechnung der Herzschlagfrequenz/min	17
2.5. Graphische Bestimmung verschiedener PWC-Größen	18
2.6. Statistische Methodik	20
2.7. Kritik der Methodik	21
2.7.1. Kritik der ergometrischen Methodik	21
2.7.2. Kritik der Herzschlagfrequenzmessung	22
2.7.3. Kritik der graphischen Bestimmung der PWC-Größen	23
3. Untersuchungsergebnisse	24
3.1. Anthropometrische Parameter	24
3.1.1. Körperlänge	24
3.1.2. Körpergewicht	25
3.2. Herzschlagfrequenz	26
3.3. Absolute PWC ₁₇₀	29
3.4. Relative PWC ₁₇₀	31
3.5. Kontrollversuch	32

	Seite
4. Vergleichende Beurteilung der Untersuchungsergebnisse	35
4.1. Anthropometrische Parameter	35
4.2. Herzschlagfrequenz	37
4.3. PWC ₁₇₀	39
4.4. Anwendung verschiedener PWC-Größen bei Kindern und Erwachsenen	49
5. Zusammenfassung	55
6. Literaturverzeichnis	57
7. Anhang	64

1. Einleitung und Begründung

Die Sportwissenschaft beschäftigt sich neben den vielfältigen Problemen des Sports unter pädagogischen, psychologischen und soziologischen Aspekten insbesondere auch mit den medizinischen Fragestellungen zur Erfassung der Leistungsfähigkeit. Nach HOLLMANN/LIESEN beinhaltet Leistungsfähigkeit die psychische und physische Leistungskapazität für eine spezifische Aufgabe. (Hollmann/Liesen, 1976)

Es kommt darauf an, Anhaltspunkte für die körperliche Leistungsfähigkeit zu finden, um diese für die Erstellung von Curricula für das Fach Sport zu nutzen.

"Eine Mindestleistungsfähigkeit des kardiopulmonalen Systems ist gleichermaßen die Voraussetzung zur Bewältigung des Alltagslebens wie auch zur Überwindung von Krankheitsfolgen, operativen Eingriffen und extremen Umwelteinflüssen (Höhe, Hitze)."

(Hollmann/Liesen, 1976)

Die Methoden der Leistungsmessung sind in ihrem apparativen Aufbau und der Wirkungsweise sehr verschieden. Zur Vereinheitlichung dieser Leistungsmessungen hat sich die ergometrische Fußkurbelarbeit in der Arbeits- und Sportmedizin weitgehend durchgesetzt. Auf diese Weise kann eine definierte Leistung in mkp/min bzw. Watt gemessen werden.

"Bei der ergometrischen Leistungsprüfung haben sich in den letzten Jahrzehnten im wesentlichen 4 Verfahren bewährt: die Bestimmung des Regressionskoeffizienten zwischen Leistung und Arbeitspulsfrequenz (Leistungspulsindex nach MÜLLER (1950), die Bestimmung der 'physical



working capacity' (PWC₁₇₀) nach WAHLUND, die Bestimmung der maximalen O₂-Aufnahme nach ASTRAND (1952) und die Bestimmung des Sauerstoffpulses bei einer submaximalen Arbeit nach HENDERSON und PRINCE."

(Rutenfranz, 1968)

In dieser Untersuchung wird die Bestimmung der PWC (Physical Working Capacity) in abgewandelter Form angewendet. Die Leistungsmessung erfolgt in 2 Leistungsstufen von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht entsprechend dem unterschiedlichen, zunehmenden Körpergewicht der Kinder während des Wachstums. Zur Bestimmung der PWC₁₇₀ wird am Ende jeder Leistungsstufe die Herzschlagfrequenz gemessen. Die PWC₁₇₀ ist diejenige Leistung in mkp/min oder Watt, bei der eine Herzschlagfrequenz von 170/min erreicht wird.

Die Bestimmung der PWC₁₇₀ ist von zahlreichen Untersuchern auch für das Kindesalter angewendet worden. Ausgehend von der oft gestellten Frage, ob diese Leistungsgröße für die Kinder überhaupt angemessen sei, wird eine gewichtsabhängige gleitende PWC-Bestimmung vorgenommen. Diese Art der PWC-Bestimmung basiert auf der biologischen Gesetzmäßigkeit, daß der Ruhepuls und der maximale Leistungspuls im Vorschulalter und frühen Schulalter sehr viel höher sind als bei Erwachsenen.

Die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von verschiedenen Parametern wie Gewicht und Größe führt zu relativen Werten der PWC, die zur vergleichenden Beurteilung herangezogen werden können.

In dem abschließenden Teil der Arbeit wird das Untersuchungsergebnis mit den Normwerten der kindlichen Leistungsfähigkeit sowie anderen internationalen Forschungsergebnissen auf diesem Gebiet verglichen. Dabei werden die Fragen alters- bzw. geschlechtsspezifischer Unterschiede geprüft und nach möglichen

Ursachen gefragt.

Für eine direkte Anwendung der Kenntnisse über die Leistungsfähigkeit der Kinder gibt es viele Möglichkeiten. Wichtig erscheint der Hinweis, daß die Kinder in ihrer Leistungsfähigkeit meist unterschätzt werden und daraus resultierend der Sportunterricht für die Kinder nicht, wie es für eine Entwicklungsförderung notwendig wäre, ausreichend intensiv und beanspruchend ist. (Weidemann, 1970)

Nur eine genaue Kenntnis der Leistungsfähigkeit der Kinder ermöglicht dem Sportlehrer, einen altersspezifisch intensiven und damit die biologische Entwicklung unterstützenden Sportunterricht zu erteilen.

2. Methodik

2.1. Untersuchungsgut

Die Untersuchung erfaßte 252 Kinder im Alter von 5 bis 11 Jahren. Sie stammten aus 3 Kindertagesstätten, 2 Vorschulklassen und 5 Grundschulen verschiedener Berliner Verwaltungsbezirke.

Tabelle 1: Verteilung der Altersgruppen nach Jungen und Mädchen getrennt

($\bar{x}$ = Mittelwert; $\pm s$ = Standardabweichung; v = Variabilitätskoeffizient)

Alter ($\bar{x}$)	n	$\pm s$	v
J U N G E N			
5.51	24	0.26	4.7
6.34	28	0.29	4.6
8.32	20	0.28	3.4
9.52	19	0.29	3.1
10.54	19	0.26	2.5
11.45	23	0.32	2.8
M Ä D C H E N			
5.54	18	0.30	5.4
6.28	20	0.26	4.1
8.35	20	0.34	4.1
9.50	21	0.23	2.4
10.54	20	0.23	2.2
11.55	20	0.26	2.3

Die Stichprobenauswahl erfolgte nach den Kontrollmerkmalen Alter und Geschlecht. Mit Hilfe der Leiterinnen der Kindertagesstätten bzw. der Lehrer wurden die Kinder ausgesondert, die in den letzten beiden Monaten vor der Untersuchung eine Infektionskrankheit hatten oder bei denen eine Herzerkrankung nachgewiesen war.

2.2. Untersuchungsmethodik

2.2.1. Versuchsablauf

Die Untersuchung wurde jeweils in 2 Räumen der Kindertagesstätte bzw. der Schule durchgeführt. Zuerst wurden die biologischen Meßdaten, Körpergewicht und Körperlänge, ermittelt.

Der Versuchsleiter begann dann mit der Versuchserklärung und demonstrierte den Kindern die Aufgabe.

Die Leistungsprüfung bestand aus ergometrischer Fußkurbelarbeit im Sitzen mit einer Leistung von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht. Am Ende jeder Leistungsstufe von 2 Minuten wurde eine Herzschlagfrequenzmessung mit dem Stethoskop zwischen der 50. und 60. Sekunde durchgeführt.

2.2.2. Untersuchungsbedingungen

Die Versuche wurden stets in der Zeit zwischen 9.00 Uhr und 12.00 Uhr durchgeführt.

In den Untersuchungsräumen wurden Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck gemessen, die wie folgt schwankten:

Raumtemperatur	21° bis 23° C
Relative Luftfeuchtigkeit	49% bis 54%
Luftdruck	747 bis 764 mm Hg

Die wichtigsten Leistungsumsatzbedingungen, wie sie von dem Standardisierungskomitee für Ergometrie des "International Council of Sport and Physical Education" vereinbart worden sind, wurden in der Untersuchung erfüllt:

- "a) Die Ernährung vor dem Untersuchungstag ist möglichst wenig zu ändern. Am Untersuchungstag ist bis 3 Stunden vor der Untersuchung eine kleine Kohlehydratmahlzeit erlaubt (2 Schnitten mit Aufstrich und 1 Glas Getränk, z.B. Wasser, Fruchtsaft, Milch).
- b) Am Vortage sind größere physische und psychische Beanspruchungen, am Untersuchungstage auch kleinere körperliche sowie andere Beanspruchungen vor der Untersuchung zu vermeiden, weil sie den Leistungsumsatz bei ergometrischen Untersuchungen verändern können.
- c) Bei der Untersuchung soll aus thermoregulatorischen Gründen nur eine kurze Hose getragen werden.
- d) Alle Medikamente, auch Genußmittel wie Kaffee, Tee und Nikotin sind am Untersuchungstage, Medikamente mit länger anhaltender Wirkung auch bereits an den Vortagen zu vermeiden. Erforderliche Medikationen sind im Untersuchungsprotokoll zu vermerken."

(Mellerowicz/Hansen, 1967, S. 313)

2.3. Ergometrische Methoden

2.3.1. Ergometer

Ergometrische Untersuchungen an Kindern bzw. Kleinkindern sind sehr problematisch, weil das Ergometer dem kindlichen Körperbau angepaßt werden muß. Die Firma Wilken hat ihr bekanntes Monark-Ergometer nach Astrand und von Döbeln in der Version eines Kinderergometers hergestellt. Es kann wahlweise eine Fußkurbellänge von 13, 15 und 17 cm eingestellt werden. Die Verstellung der Sattelhöhe ist einfach und schnell zu bedienen. Daher eignet sich das Gerät für alle Altersstufen des Kollektivs und wurde aus diesem Grunde für diese Untersuchung verwendet.

Es handelt sich um ein mechanisch gebremstes Fahrradergometer, mit dem nur drehzahlabhängige Kurbelarbeit geleistet werden kann. Die Bremsung des Schwungrades erfolgt durch ein Band, das um die Felge dieses Rades läuft. Die Reibungskraft wird mit Hilfe einer Pendelwaage gemessen und gibt so die geleistete Antriebskraft der Probanden in kp an. Die Bremskraft kann stufenlos mit einem Handrad verstellt werden. Die Skalierung der Bremskraft reicht von 0 bis 3,0 kp in 0,25 kp Abständen.

Bei einer Tretkurbelumdrehung beschreibt ein Punkt auf der Reibfläche des Schwungrades einen Weg von 6 Metern. Bei einer Bremskraft von 1 kp leistet die Versuchsperson bei einer Tretkurbelumdrehung eine Arbeit von 6 mkp/min. Bei 50 Umdrehungen in der Minute beträgt die Leistung $6 \times 50 = 300$ mkp/min. Die Umrechnung in Watt ist durch die Beziehung $1 \text{ mkp/sec} = 9.81 \text{ Watt}$ leicht möglich. So entsprechen 300 mkp/min einen Wert von genau 49.05 Watt oder aufgerundet 50 Watt. Die Abweichung von 2 % kann in diesem Fall toleriert werden.

Das Ergometer wurde vor Beginn der Untersuchung auf seine Funktionsfähigkeit geprüft und geeicht.

2.3.2. Standardisierung der Ergometrie

2.3.2.1. Physikalische und biologische Grundlagen der Ergometrie

Die Leistungsmessung durch ergometrische Belastung hat sich - gegenüber den früher üblichen undefinierten Belastungen wie Kniebeugen, Treppensteigen, Step-Test und anderen - durchgesetzt.

Dennoch können gleiche physikalische Leistungen unterschiedliche biologische Leistungen erfordern, "weil der Wirkungsgrad biologischer Leistung von den mechanischen Verhältnissen des Ergometers sowie zahlreichen endogenen und exogenen Faktoren bestimmt wird." (Mellerowicz, 1979, S. 1)

1. von Drehzahl, Kurbelhöhe und Kurbellänge,
 2. von der Anwendung von Hand- und Fußkurbelarbeit und der Körperlage bei Leistung,
 3. von der individuell verschiedenen Bewegungsökonomie,
 4. von konstitutionellen Faktoren, Alter und Geschlecht,
 5. von der augenblicklichen physischen und psychischen Kondition, die vom Trainingszustand, den Lebens- und Arbeitsverhältnissen, der Ernährung u.a. bedingt wird,
 6. von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und anderen Wetter- und Klimafaktoren,
 7. von Tages- und Jahreszeit."
- (Mellerowicz, 1979, S. 1-2)

Die physikalische Leistung ergibt sich aus dem Produkt Kraft x Weg (=Arbeit) pro Zeiteinheit.

Dies zeigt das folgende Beispiel:

Bei einer Reibungsbremskraft von 0,5 kp und 50 Umdrehungen/min ergeben sich 25 Watt, bei einer Reibungsbremskraft von 1 kp und 25 Umdrehungen/min ergeben sich ebenfalls 25 Watt.

Beide physikalische Leistungen sind gleich groß, doch sind die Bremskraft und Umdrehungszahl/min und die biologische Leistung unterschiedlich.

"Die Unterschiede der biologischen Leistung bei gleicher physikalischer Leistung beruhen auf den gesetzmäßigen Beziehungen des Wirkungsgrades der Muskularbeit bzw. der Ökonomie des Stoffwechsels zu Kontraktionsgeschwindigkeit und Größe der isometrischen und isotonischen Muskularbeit."

(Mellerowicz, 1979, S. 4)

2.3.2.2. Drehzahlen

Die Drehzahloptima für Fußkurbelarbeit im Sitzen werden von Mellerowicz (1979) wie folgt angegeben:

bei einer Leistung von	50 Watt	40 U/min
	100 Watt	40 - 50 U/min
	150 Watt	50 - 60 U/min
	200 Watt	55 - 65 U/min
	250 Watt	65 U/min

Schmidt (1968) fand heraus, daß mit steigender Umdrehungszahl (28 bis 80 Umdrehungen/min) die Absolutwerte aller Parameter (Atemminutenvolumen, O_2 -Aufnahme, Atemäquivalent, Herzschlag-

frequenz, O_2 -Puls, Blutdruckamplitude) nachweislich ansteigen.

Dagegen fanden ECKERMANN und MILLAHN (1967), daß die PWC-₁₇₀ bei einer Drehzahl von 30 Umdrehungen/min um 14 % und bei einer Drehzahl von 90 Umdrehungen/min um 30 % niedriger ist als bei Verwendung des von ihnen vorgeschlagenen Drehzahloptimums von 45 Umdrehungen/min.

ISRAEL et al. (1967) stellten fest, daß zu niedrige (30) oder zu hohe (90) Umdrehungszahlen unökonomischer sind und daß die Versuche daher wegen lokaler Muskelermüdung abgebrochen werden mußten. Mittlere Drehzahlen von 60 Umdrehungen/min ermöglichen eine ausgewogene biologische Beanspruchung der Organe.

Die Tatsache, daß Arbeit bei höheren Umdrehungszahlen als leichter empfunden wird als bei kleineren Umdrehungszahlen, erörtern STEGEMANN et al. (1968).

Die Kraftempfindung veranlaßt die Probanden zu erhöhten und damit ungünstigeren Tretfrequenzen. Das Drehzahloptimum wird mit 50 - 60 Umdrehungen/min für Untrainierte und Trainierte angegeben.

Als Drehzahloptimum für Kinder gibt KLIMT (1973) 50 Umdrehungen/min an.

KLIMT hat nach neuesten Untersuchungen den Nettowirkungsgrad der Tretfrequenz verschiedener Altersgruppen ermittelt. Wie die Abbildung 1 auf der nächsten Seite zeigt, sind 50 Umdrehungen/min die optimale Drehzahl der von ihm untersuchten Altersgruppen. Als Unter- bzw. Obergrenze können bei Kindern von 6 bis 10 Jahren 30 bzw. 70 Umdrehungen/min angegeben werden.

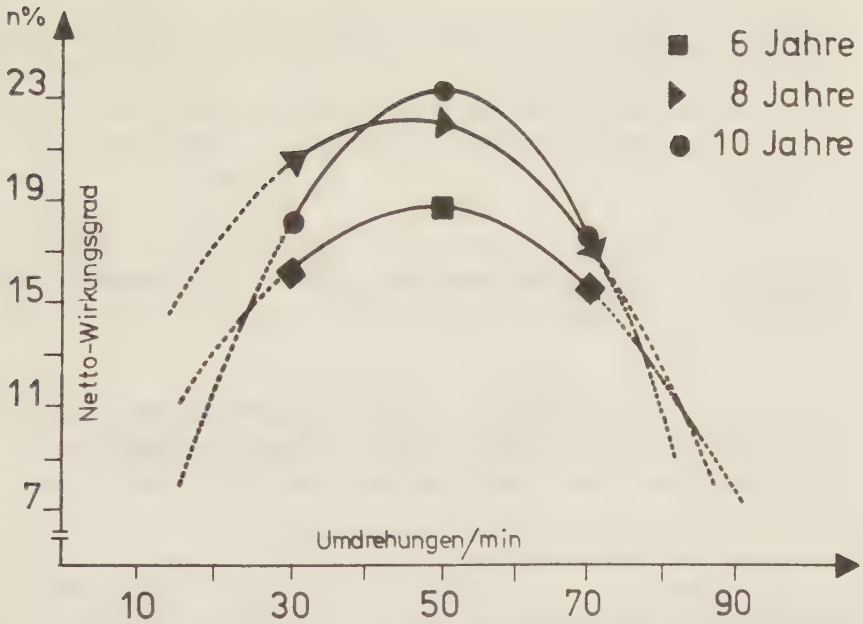


Abb. 1: Der Nettowirkungsgrad als Funktion der Tretfrequenz bei den Altersgruppen von 6, 8 und 10 Jahren (nach Klimt, F. und Vogt, B.)

Die Umdrehungszahlen in dieser Untersuchung lagen bedingt, durch die ergometrische Methodik, in dem Bereich von 34 bis 70 Umdrehungen. Um die jeweiligen Leistungsgrößen für den Probanden einzustellen, mußten die Drehzahl und die Bremskraft verändert werden. Diese bei großer Population sehr umständliche Einstellung der individuellen Leistungsgröße ist vom Untersucher dennoch angewendet worden, weil der ergometrischen Methodik der relativen Leistung von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht unbedingt der Vorzug gegenüber der absoluten Leistung gegeben werden sollte.

Die Bestimmung der Leistung wurde nach der physikalischen Beziehung

$$\frac{\text{Kraft (Bremsung)} \times \text{Weg (Umdrehung)}}{\text{Zeit}} = \text{Leistung (Watt)}$$

vorgenommen.

$$\text{Beispiel: } \frac{0.75 \text{ kp} \times 49 \text{ U}}{1 \text{ sec}} = 36.75 \text{ Watt}$$

Eine tabellarische Übersicht über die errechneten Werte für Bremskraft und Umdrehungszahlen/min (s. Anhang) erleichterte die schnelle Bestimmung nach dem jeweiligen Körpergewicht des Probanden.

Im Verlauf der Voruntersuchung zeigte sich, daß bei Kindern unter 20 kg Körpergewicht während einer Belastung von 2 Watt/kg Körpergewicht die Tretfrequenz von ca. 34 bis 40 Umdrehungen bei 1 kp Bremsung zu niedrig waren, weil die Kinder nicht ausreichend Kraft hatten, gegen den Bremswiderstand anzutreten. Es wurde deshalb in der Hauptuntersuchung die Tretfrequenz erhöht bei gleichzeitiger Senkung der Bremsung auf 0.75 kp.

Sollen gesicherte Aussagen über die erbrachten Leistungen am Fahrradergometer gemacht werden, müssen die tatsächlich geleisteten Tretfrequenzen (Ist-Werte) mit den vorgegebenen Sollwerten verglichen werden. Zu dieser Kontrolle wurde ein Umdrehungszähler am Ergometer angebracht, der jede volle Umdrehung registrierte. Gleichzeitig diente ein eingebauter Tachometer als optischer Schrittmacher. Die vorgegebene Umdrehungszahl wurde durch eine verstellbare rote Orientierungsnadel markiert, mit der dann die schwarze Tachonadel vom Probanden zur Deckung gebracht werden mußte.

Trotz dieses optischen Schrittmachers bereitete vielen Kindern eine gleichmäßige Tretfrequenz Schwierigkeiten. Für das Einhalten festgesetzter Umdrehungszahlen für die Dauer von 2 Minuten fehlte häufig die Konzentration. Man mußte die Kinder durch verbale Erfolgsmittelungen anspornen, damit sie die Aufgabe erfüllen konnten.

Ein Vergleich der tatsächlichen Leistungen in Watt mit den durch Körpergewicht ermittelten theoretischen Werten zeigt eine gute Übereinstimmung der Gruppenmittelwerte (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Vergleich der tatsächlichen Leistungen in Watt mit den theoretischen Werten (relative Wattleistung) bei 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht

Alter			1 Watt		2 Watt	
			Istwert	Sollwert	Istwert	Sollwert
Mädchen	5		21.25	21.1	41.38	42.2
	6		22.97	22.6	45.30	45.2
	8		27.43	27.05	53.73	54.10
	9		30.86	30.83	60.67	61.66
	10		36.38	36.53	72.73	73.06
	11		39.78	40.03	78.35	80.06
Jungen	5		21.33	20.8	41.75	41.6
	6		23.42	23.1	45.71	46.2
	8		27.70	27.58	56.13	55.16
	9		32.95	32.89	65.68	65.78
	10		33.32	32.84	65.84	65.68
	11		38.52	38.35	77.30	76.70

2.3.2.3. Sattelhöhe und Fußkurbellänge

Die Größenunterschiede der Probanden - die Variationsbreite einer Altersstufe betrug 20 cm - mußte durch eine Verstellung der Sattelhöhe ausgeglichen werden. Die Sattelfläche soll parallel zur Standfläche verlaufen und die Sattelhöhe so angepaßt sein, "daß bei rechtwinklig aufgesetzter Fußfläche auf die Pedale im Kniegelenk ein Winkel von 170° entsteht."

(Rutenfranz, 1968, S. 935)

Neuere Untersuchungen von KLIMT an Kindern zwischen 6 und 10 Jahren ergaben einen optimalen Kniegelenkwinkel von 150° . "Insbesondere bei der Herzfrequenz fand sich zwischen der größten (bei Kniegelenkwinkel 170°) und der kleinsten (bei 110°) Sattelstellung und der ermittelten optimalen Sattelhöhe eine Signifikanz der Mittelwertdifferenzen." (Klimt/Voigt 1971) Es wurde deshalb angestrebt, den Kniegelenkwinkel von 150° in dieser Untersuchung einzuhalten. Die Körperhaltung sollte aufrecht und nicht gebeugt sein.

Die optimale Fußkurbellänge beträgt nach KLIMT (1973) bei den 6 jährigen 13 cm sowie bei den 8- bis 10 jährigen 15 cm. Dieser Standardisierungsvorschlag wurde in der Untersuchung eingehalten.

2.3.3. Leistungsstufen

Die Bestimmung der Leistungsstufen mußte der Entwicklung der Kinder angemessen sein. Es wurden nicht absolut gleiche Leistungen, sondern relativ gleiche Leistungen von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht gefordert.

Diese Methode ist von MELLEROWICZ/LERCHE (1958) für Erwachsene und auch Jugendliche angewandt worden, weil absolut gleiche Leistungen bei leichten Personen eine sehr viel größere Arbeit darstellen als bei schwereren Personen.

Es bestand daher das Interesse, die Anwendungsmöglichkeiten bei Vor- und Grundschulkindern zu erproben.

Um die Frage der ausreichenden Belastung dieser Altersgruppe zu klären, wurden in Voruntersuchungen an 12 Kindern 3 verschiedene Methoden durchgeführt.

Methode A: 2 Leistungsstufen mit Pause,

1. Leistungsstufe 1 Watt/kg Körpergewicht 2 Min.
Pause 12 bis 15 Min.

2. Leistungsstufe 2 Watt/kg Körpergewicht 2 Min.

Methode B: Kontinuierliche Leistung 4 Min.

1. Leistungsstufe 1 Watt/kg Körpergewicht 2 Min.

2. Leistungsstufe 2 Watt/kg Körpergewicht 2 Min.

Methode C: Kontinuierliche Leistung 6 Min.

1. Leistungsstufe 1 Watt/kg Körpergewicht 3 Min.

2. Leistungsstufe 2 Watt/kg Körpergewicht 3 Min.

Die nach diesen Methoden ermittelten Werte ergaben durchschnittliche Unterschiede der Herzfrequenzwerte von ca. 1 %. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,001$ (hoch signifikant) konnte die Nullhypothese beibehalten werden, d.h. daß sich alle 3 Methoden nicht unterscheiden.

Es wurde daher für diese Untersuchung die Methode B (kontinuierliche Leistung 4 Min.) ausgewählt, weil hier sowohl eine ausreichend hohe Leistung als auch eine vernünftige Untersuchungsökonomie gewährleistet waren.

Die Untersuchungen von KLIMT (1970) an 4- bis 6jährigen Kindern hatten nur eine einzige Belastungsstufe von 1 Watt/kg Kör-

pergewicht bei einer Dauer von 6 Minuten. Die Herzschlagfrequenz, am Ende jeder Minute gemessen, ergab einen annähernd parabolischen Anstieg während der ersten beiden Minuten. Danach konnte nur noch ein sehr geringer Anstieg festgestellt werden.

Auch SELIGER (1971) gibt die Stabilisierung der Herzschlagfrequenz bei niedrigen Belastungen (50 - 60 Watt) mit 2 Minuten an.

CHINTANASERI (1973) fand heraus, daß bei Anwendung von 4 zweiminütigen Leistungsstufen (25 Watt, 2min Steigerung) und 2 sechsminütigen Leistungsstufen (50 Watt, 6min Steigerung) kein signifikanter Unterschied der PWC_{170} besteht. Die Differenz beider Methoden betrug 3.7 % der PWC_{170} -Werte. Auch auf die "steady-state" Leistungsherzschlagfrequenz geht CHINTANASERI ein. Die am Ende der 1. und 2. Minute errechneten Herzschlagfrequenzmittelwerte der zweiminütigen Leistungsstufen ergaben einen Unterschied von 2,5 Schlägen/min, und er folgert daraus, "daß sich die Leistungsherzschlagfrequenz am Ende der 2. Minute schon im Bereich des waagerechten Verlaufes der parabolischen Kurve befindet und somit nahezu einen 'steady-state'-Wert erreicht hat." (Chintanaseri, 1973, S. 27)

Unter "Ergostase" formulierten die deutschen Ergometrie-Arbeitskreise 1961 folgenden Standardisierungsvorschlag:

"Eine Ergostase liegt vor, wenn die Pulsfrequenzen auf einer Leistungsstufe von der 4. bis zur 6. Minute um weniger als 8 Schläge ansteigen (unter Berücksichtigung der Fehlerbreite der jeweils verwendeten Methode).

(Mellerowicz, 1965, S. 24)

Es darf auf Grund der Untersuchungen von KLIMT, SELIGER und CHINTANASERI angenommen werden, daß die gewählten 2minütigen Belastungsstufen von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht annähernd an "Ergostase"-Werte heranreichen.

2.4. Methodik der Herzschlagfrequenzmessung

2.4.1. Auskultatorische Messung der Herzschlagfrequenz

Die Herzschlagfrequenzmessung erfolgte während der ergometrischen Tretkurbelarbeit im Sitzen auskultatorisch mit Hilfe eines Stethoskops und einer Stoppuhr und wurde zwischen der 50. und 60. Sekunde der letzten Minute des Leistungsversuches durchgeführt. Diese Methode ist von MELLEROWICZ eingeführt worden und eignet sich für alle einfachen Leistungstests sowie Laboruntersuchungen, wenn kein EKG zur Verfügung steht. Es wird dabei "dem Probanden ein elastisches, breites Gummiband um den Thorax gelegt, in das präkordial die Schallkapsel eines Schlauchstethoskops mit einem etwa 1 m langen Plastikhörrohr eingelassen ist." (Mellerowicz, 1979, S. 51)

Bei der fast ruhigen Thoraxhaltung der Probanden und der versuchsbedingten Notwendigkeit nur einer Herzschlagfrequenzmessung während der Tretkurbelarbeit konnte die Schallkapsel des Stethoskops vom Untersucher während der Auskultation etwa 2 cm unterhalb der linken Brustwarze gegen die Brust gedrückt werden.

2.4.2. Berechnung der Herzschlagfrequenz/min

Beim Abhören der Herztöne wurde die Zeit von 10 Herzperioden gemessen, und zwar mit der Zählweise von 0 bis 10, so daß 11 Schläge gestoppt wurden. Auf einer Umrechnungstabelle (siehe

Anhang) kann die Minutenfrequenz abgelesen werden. Man kann auch die Herzschläge während einer Zeitdauer von 6 Sekunden zählen und diesen Wert dann mit 10 multiplizieren. Das hat aber den Nachteil, daß am Ende der Meßdauer evtl. ein Herzschlag zuviel oder zuwenig gezählt wird, was bei einer Minutenfrequenz dann 10 Schläge ausmachen würde. Wegen der größeren Genauigkeit wurde für die durchgeführte Untersuchung das erste Verfahren gewählt.

2.5. Graphische Bestimmung verschiedener PWC-Größen

Zur Ermittlung der körperlichen Leistungsfähigkeit wurde die von WAHLUND eingeführte PWC (Physical Working Capacity) benutzt. Als gebräuchlichster Wert gilt die PWC_{170} , der die Leistung in mkp/min oder Watt angibt bei einer Herzschlagfrequenz von 170/min.

Die Bestimmung der PWC_{170} kann auf mehrfache Weise erfolgen:

- a) Graphische Inter- bzw. Extrapolation
- b) Computer-Berechnung der Regressionsgeraden
- c) Mathematische Inter- bzw. Extrapolation.

Da nach PLACHETA et al. (1971) zwischen den genannten Bestimmungen keine signifikanten Unterschiede bestehen, wurde als einfachste Methode die graphische Inter- bzw. Extrapolation ausgewählt.

Die gemessenen Werte der Herzschlagfrequenz und der Belastung in Watt werden in ein Koordinatensystem (Ordinate = HF, Abszisse = Watt) eingetragen. Die Meßpunkte werden durch eine Gerade verbunden, die die Parallele der Herzschlagfrequenz 170 zur Abszisse schneidet. Fällt man von diesem Schnittpunkt aus das Lot auf die Abszisse, so erhält man die PWC_{170} in Watt.

Die Bestimmung der PWC_{170} erfolgte für jede Versuchsperson einzeln auf einem für Testzwecke normierten Bogen mit Millimereinteilung (s. Abb. 2)

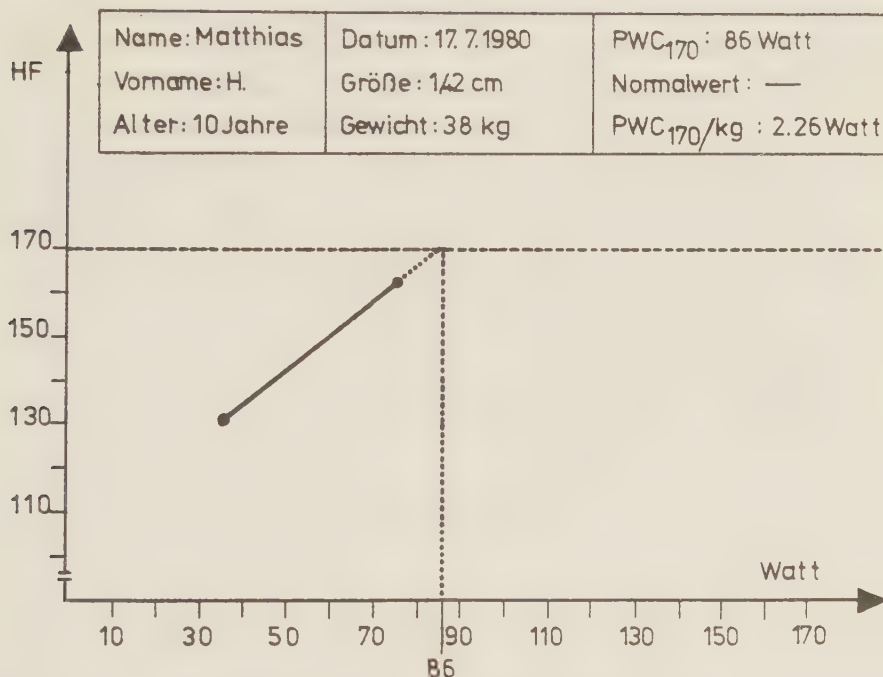


Abb. 2: Graphische Darstellung zur Ermittlung der PWC_{170}

Aus den bereits genannten Gründen wurde auch die PWC_{180} , PWC_{190} und PWC_{200} bestimmt. Hierzu wurde die PWC-Gerade über die Herzschlagfrequenz von 170 hinaus bis zur Parallele der HF 200 zur Abszisse verlängert. So erhält man jeweils in den Schnittpunkten mit den gezogenen Parallelen auf der Abszisse die in Watt angegebenen Werte. (Eine Aufstellung der verschiedenen PWC-Größen siehe Anhang.)

2.6. Statistische Methodik

Zur Charakterisierung der zentralen Tendenzen der verschiedenen Stichproben wird jeweils das arithmetische Mittel ($\bar{x}$) verwendet. Als Maß für die Streuung dient die Standardabweichung (s). Außerdem ist der Variabilitätskoeffizient (v) angegeben.

Da bekanntlich die untersuchten Parameter normalverteilt sind, die Variablen intervallskaliert sind, die Unabhängigkeit der Stichproben gegeben ist, die Varianzen in den Stichproben überprüft sind, erfolgen die statistischen Berechnungen auf signifikante Unterschiede mit Hilfe des t-Testes.

Als Signifikanzniveau wurde festgelegt:

$p \leq 0.05$ signifikant

$p \leq 0.001$ hoch signifikant

2.7. Kritik der Methodik

2.7.1. Kritik der ergometrischen Methodik

Eine Dosierung der Leistungsstufen bei vorgegebener Bremsung konnte wegen der Benutzung eines drehzahlabhängigen Ergometers nur über die Veränderung der Umdrehungszahlen erfolgen, die sich nach dem Körpergewicht der Versuchspersonen richteten. Kinder, deren Körpergewicht unter 20 kg lag, kamen daher in einen Bereich kritischer Umdrehungszahlen von kleiner als 40. In diesen Fällen wurde in der 2. Leistungsstufe von 2 Watt/kg Körpergewicht eine Erhöhung der Umdrehungszahl und eine Verringerung der Bremskraft vorgenommen. Es kam in der Untersuchung auf eine möglichst genaue relative Belastung der Kinder an. Einige Autoren weisen auch auf die Breite der Ökonomieoptima der Umdrehungszahlen hin, innerhalb derer die biologische Beanspruchung der Organe wenig differiert. (Mellerowicz, 1979, S. 3)

Für Kinder sind nach den vom Verfasser durchgeführten Vorversuchen submaximale Leistungsstufen von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht bei einer 4-minütigen Gesamtleistungsdauer am besten geeignet, und es wurde deshalb nach dieser Methode vorgefahren.

Wie die Untersuchung gezeigt hat, besteht eine Schwierigkeit darin, die energetischen Faktoren während des Leistungsversuches mit spielerischen Komponenten zu vermischen, um die schnell nachlassende Primärmotivation der Kinder durch eine Sekundärmotivation zu ersetzen. Es kann angenommen werden, daß das weitgehend in allen Fällen erreicht worden ist.

2.7.2. Kritik der Herzschlagfrequenzmessung

Die Problematik der auskultatorischen Messung der Herzschlagfrequenz ist bekannt. Für eine einwandfreie Abhörung der Herztöne wurde zu Versuchsbeginn bei jedem Kind mit dem Stethoskop probeweise abgehört. Gleichzeitig sollten die Kinder an das Gerät gewöhnt und eventuelle Angst abgebaut werden.

Die Ablesegenauigkeit der Stoppuhr betrug $1/10$ sec. DRANSFELD und MELLEROWICZ geben den methodischen Fehler bei einer Minutenfrequenz von 180 mit ± 3 Schlägen an. Der subjektive Fehler beim Stoppen der 10 Herzschläge muß ebenfalls berücksichtigt werden, "so daß dann der Gesamtfehler bei einer errechneten MF von 180 mit ± 5 Pulsen am größten ist und damit $\pm 2,8\%$ beträgt." (Dransfeld/Mellerowicz, 1958, S. 465)

Die Herzschlagfrequenzmessung wurde immer von der gleichen Person durchgeführt. Es ist daher anzunehmen, daß die oben angegebenen Werte nicht überschritten wurden.

2.7.3. Kritik der graphischen Bestimmung der PWC-Größen

Die Ermittlung verschiedener PWC-Größen geschah durch Eintragung der Meßwerte der Leistung und Herzschlagfrequenz in ein Koordinatensystem. Die so gefundenen Punkte der beiden Leistungsversuche wurden miteinander verbunden und ergaben eine Gerade (auch Regressionsgerade genannt). Nach RUTENFRANZ (1970) besteht in dem Leistungsbereich zwischen 1 und 3 Watt/kg Körpergewicht eine strenge Linearität zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung. Deshalb meint der Autor, die Regressionsgerade über die beiden Punkte hinaus bis zur Waagerechten der Herzschlagfrequenz 200 verlängern zu können. Es kann dann jeweils im Schnittpunkt mit der Herzschlagfrequenz 180, 190 und 200 die PWC in Watt auf der Abszisse abgelesen werden.

Zur Ermittlung der Regressionsgeraden werden meist 3 und mehr Meßpunkte verwendet. Die vereinfachte Methode mit 2 Meßpunkten kann als ausreichend für Belastungstests angesehen werden.

"Die W_{170} -Werte, bestimmt durch die Inter- bzw. Extrapolation aus zwei Belastungsstufen unterschieden sich sehr wenig und nicht signifikant von den der Regressionsgeraden abgeleiteten Werten. Wir glauben deshalb, daß bei Routineuntersuchungen größerer Gruppen funktionstüchtiger Individuen oder in Zeitnot Pulswerte aus lediglich zwei Belastungsstufen genügen." (Placheta et al., 1971, S. 156)

Die von PLACHETA et al. für diese Versuchsanordnung geforderten Bedingungen

- a) intensive Belastung im linearen Teil des Herzschlagfrequenzanstieges
- b) die zweite Belastung soll eine Herzschlagfrequenz von 170/min erreichen - ,

sind in der durchgeführten Untersuchung annähernd eingehalten worden.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1. Anthropometrische Parameter

Die körperliche Entwicklung der Kinder im Alter von 5 bis 11 Jahren ist besonders durch eine große Gewichts- und Längenzunahme gekennzeichnet. Zudem ist anhand von früheren Untersuchungen festgestellt worden, daß im Verlauf der letzten 80 Jahre die durchschnittlichen Werte der anthropometrischen Parameter Körpergewicht und Körperlänge um etwa 1 bis 2 Entwicklungsjahre zugenommen haben. Von Interesse ist auch die Feststellung, inwieweit sich diese Parameter bei den Jungen und Mädchen unterscheiden.

3.1.1. Körperlänge

Die erhaltenen Meßwerte (s. Tab. 3) zeigen im direkten Vergleich der Jungen und Mädchen keine großen Unterschiede.

Tabelle 3: Körperlänge in cm von 252 Vor- und Grundschulkindern

(n = Anzahl der Versuchspersonen; $\bar{x}$ = arithmetisches Mittel;
s = Standardabweichung; v = Variabilitätskoeffizient)

J U N G E N					M Ä D C H E N				
Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v	Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v
5	24	114.7	5.0	4.4	5	18	114.4	4.7	4.1
6	28	121.2	3.3	2.7	6	20	119.8	5.2	4.3
8	20	128.9	5.8	4.5	8	20	129.7	6.0	4.6
9	19	136.9	4.6	3.4	9	21	135.9	5.5	4.1
10	19	142.2	6.5	4.6	10	20	142.2	6.4	4.5
11	23	149.0	7.3	4.9	11	20	149.0	6.7	4.5

Die Altersgruppen 5 bis 9 haben einen Mittelwertunterschied von nur 0.3 bis 1.4 cm zwischen den Geschlechtern. Auffallend sind die absolut gleichen Werte der Körperlänge bei den 10- und 11jährigen Jungen und Mädchen. Auch die Variabilitätskoeffizienten von 4.6 zu 4.5 und 4.9 zu 4.5 weisen gute Übereinstimmung auf.

3.1.2. Körpergewicht

Die Werte für das Körpergewicht (siehe Tabelle 4) sind im Vergleich zur Körperlänge nicht so homogen zwischen den beiden Geschlechtern. Das trifft insbesondere für die Altersgruppen 9 bis 11 zu, während die 5- bis 8jährigen Mädchen und Jungen eine recht gute Übereinstimmung des Körpergewichtes haben. Als auffällige Ergebnisse sind die völlig gleichen Werte der 9- und 10jährigen Jungen und die erheblich höheren Werte der 10- und 11jährigen Mädchen gegenüber den gleichaltrigen Jungen zu nennen. Diese Differenz beträgt 3.6 bzw. 1.6 kg. Die relative Streuung nimmt bei beiden Geschlechtern mit dem Alter zu. Der Variabilitätskoeffizient steigt von 11.1 auf 17.1 bei den Jungen und von 11.4 auf 18.5 bei den Mädchen.

Tabelle 4: Körpergewicht von 252 Vor- und Grundschulkindern

(n = Anzahl der Versuchspersonen; $\bar{x}$ = arithmetisches Mittel;
s = Standardabweichung; v = Variabilitätskoeffizient)

J U N G E N					M Ä D C H E N				
Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v	Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v
5	24	20.8	2.3	11.1	5	18	21.1	2.4	11.4
6	28	23.1	2.7	11.7	6	20	22.6	2.9	12.8
8	20	27.6	3.9	14.1	8	20	27.1	3.7	13.6
9	19	32.9	4.9	15.0	9	21	30.8	5.4	17.4
10	19	32.9	5.1	15.5	10	20	36.5	6.9	18.8
11	23	38.4	6.6	17.1	11	20	40.0	7.4	18.5

3.2. Herzschlagfrequenz

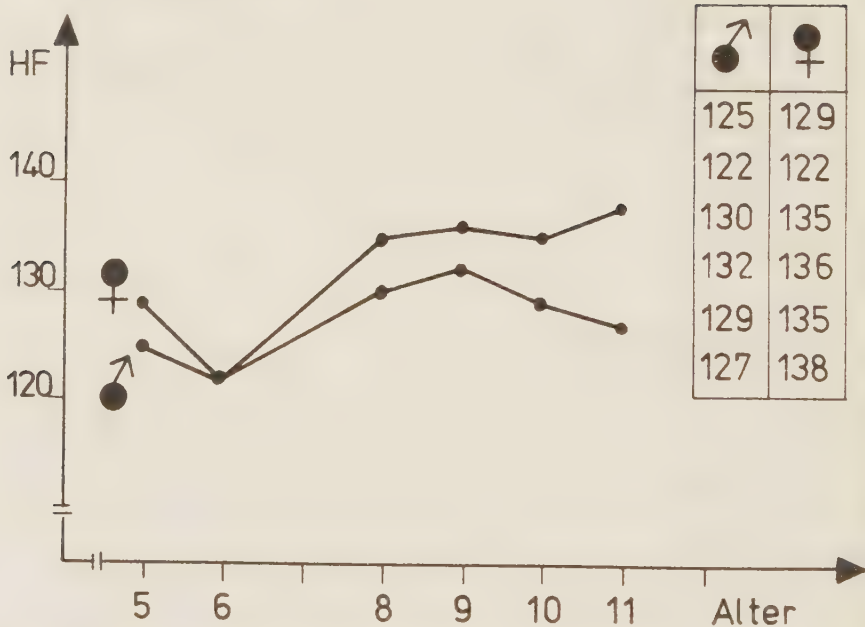


Abb. 3: Herzschlagfrequenzmittelwerte der Jungen und Mädchen bei einer Leistung von 1 Watt/kg Körpergewicht.

Die Herzschlagfrequenzen der Jungen bei einer Leistung von 1 Watt/kg Körpergewicht betragen 122 bis 132 Schläge/min. Bei der gleichen Leistung zeigen die Mädchen 122 bis 138 Schläge in der Minute (siehe Abbildung 3). Betrachtet man die Vorschulkinder, so findet man geringere Herzschlagfrequenzen, die unter 130 Schlägen/min liegen. Die Werte der relativen Streuung liegen bei den Jungen sehr dicht um 9%, während bei den Mädchen eine breitere Streuung zwischen 6 und 11% besteht (siehe Tabelle 5). Die Unterschiede der Herzschlagfrequenzen wurden mit dem t-Test auf ihre Signifikanz überprüft. Hierbei ergaben sich signifikante Unterschiede (5%-Niveau) sowohl bei den 6jährigen Jungen und Mädchen zu den Grundschulkindern als auch zwischen den 11jährigen Jungen und Mädchen.

Die Herzschlagfrequenzen der Jungen bei einer Leistung von 2 Watt/kg Körpergewicht liegen mit 162 bis 167 Schlägen/min sehr dicht beieinander. Die Streuung beträgt bis auf die 5jährigen Jungen in allen anderen Altersstufen 7 %.

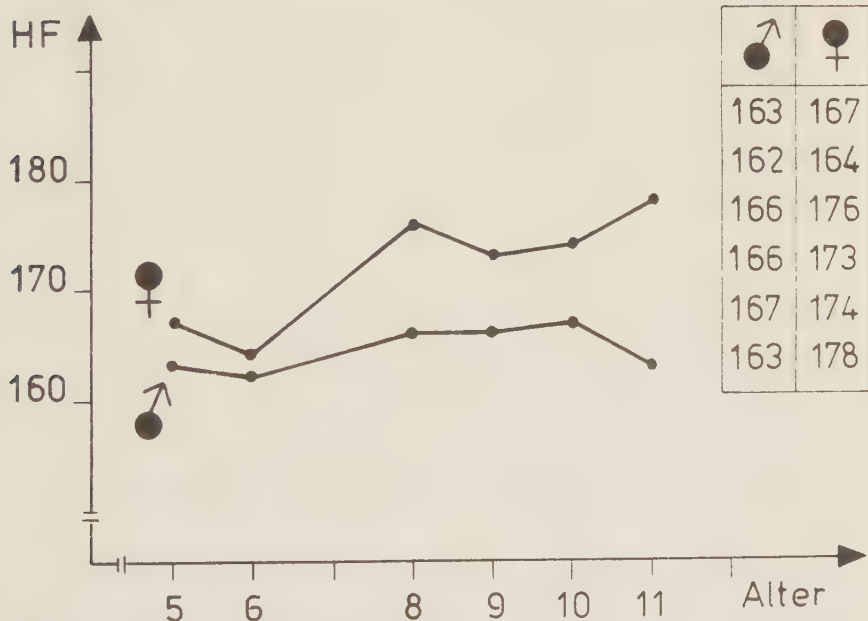


Abb. 4: Herzschlagfrequenzmittelwerte der Jungen und Mädchen bei einer Leistung von 2 Watt/kg Körpergewicht.

Die Mädchengruppen im Alter von 8 bis 11 Jahren haben deutlich höhere Herzschlagfrequenzen (173 bis 178) als die Vorschulkinder (164 bis 167) (siehe Abbildung 4). Der Variabilitätskoeffizient ist in dieser Altersstufe größer als bei den Grundschulkindern.

Die 2 Watt/kg Körpergewicht Leistungsstufe zeigt signifikante Unterschiede (5 %-Niveau) der Herzschlagfrequenzen zwischen den Jungen und Mädchen in den Altersstufen 8, 9 und 11. Auch die Unterschiede zwischen den Vorschulkindern und den Mädchen von 8 und 11 Jahren sind signifikant.

Tabelle 5: Herzschlagfrequenz bei einer Leistung von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht von 252 Vor- und Grundschulkindern

J U N G E N					M Ä D C H E N					
Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v		Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v
5	24	125	12	9.6	<u>1 W/kg</u>	5	18	129	13	10.1
6	28	122	11	9.0		6	20	122	11	9.0
8	20	130	10	7.6		8	20	135	8	6.1
9	19	132	13	9.9		9	21	136	10	7.6
10	19	129	12	9.4		10	20	135	14	10.0
11	23	127	12	9.7		11	20	138	11	8.2
5	24	163	15	9.2	<u>2 W/kg</u>	5	18	167	12	7.2
6	28	162	12	7.4		6	20	164	13	7.9
8	20	166	10	6.2		8	20	176	8	4.6
9	19	166	12	7.1		9	21	173	11	6.3
10	19	167	12	7.4		10	20	174	12	6.9
11	23	163	11	6.9		11	20	178	9	5.0

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über den prozentualen Anteil der Herzschlagfrequenzwerte der verschiedenen Altersklassen innerhalb des Bereiches von -1s bis +1s, der als Ausdruck einer mittleren (relativen) kardialen und körperlichen Leistungsbreite angesehen werden kann. (Mellerowicz, 1979)

So ergeben sich Mittelwerte von rd. 68 % bei 1 bzw. 2 Wattbelastung bei den Jungen, bei den Mädchen erreichen bei 1 Wattbelastung 67.3 % und bei 2 Wattbelastung 73.5 % diese Mittelwerte.

Tabelle 6: Prozentualer Anteil der mittleren Herzschlagfrequenzwerte (zwischen +1s und -1s) bei Belastung von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht

Alter	1 Watt/kg Körpergewicht		Alter	2 Watt/kg Körpergewicht	
	<u>Jungen</u>	<u>Mädchen</u>		<u>Jungen</u>	<u>Mädchen</u>
5	67 %	72 %	5	71 %	89 %
6	68 %	60 %	6	75 %	70 %
8	75 %	80 %	8	75 %	75 %
9	68 %	57 %	9	74 %	67 %
10	68 %	70 %	10	53 %	70 %
11	70 %	65 %	11	61 %	70 %

3.3. Absolute PWC₁₇₀

Die Bestimmung der PWC in Watt wurde in 2.5. beschrieben. Wie die Tabelle 7 zeigt, steigt die absolute PWC mit dem Alter an.

Tabelle 7: Absolute Werte der PWC₁₇₀ in Watt

J U N G E N				M Ä D C H E N			
Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$
5	24	46.50	9.15	5	18	43.44	9.23
6	28	50.71	10.30	6	20	50.20	8.37
8	20	60.25	9.91	8	20	50.75	8.05
9	19	70.32	12.12	9	21	58.57	8.39
10	19	69.32	12.64	10	20	69.05	12.50
11	23	85.22	14.60	11	20	70.15	11.76

Für die Altersstufen 9 und 10 bei den Jungen sind annähernd gleiche Werte zu verzeichnen. Das wird darauf zurückgeführt,

daß die 10 jährigen Jungen bezüglich des Körpergewichtes unterhalb der Altersnorm liegen.

Die absoluten PWC-Werte steigen bei etwa gleichem Ausgangsniveau im Vorschulalter bei den Mädchen auf 70 Watt und bei den Jungen auf 85 Watt. Die geschlechtsspezifischen Unterschiede treten bereits im Alter von 8 Jahren auf.

Es ist zweckmäßig, die absoluten PWC_{170} -Werte auch in mkp/min zu berechnen, um die Ergebnisse mit denen anderer Autoren vergleichen zu können, die nur mit mkp/min-Werten arbeiten. Die Umrechnung erfolgt durch Multiplikation der Wattzahl mit 6, 100 Watt = 600 mkp/min (siehe Seite 7).

Die Tabelle 8 zeigt die absoluten PWC_{170} -Werte in mkp/min. Die relativen Streuungen, die durch den Variabilitätskoeffizienten ausgedrückt werden, liegen mit Ausnahme der 5 jährigen Mädchen und der 6 jährigen Jungen unter 20 % .

Tabelle 8: Absolute PWC_{170} -Werte in mkp/min

J U N G E N					M Ä D C H E N				
Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v	Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v
5	24	279	55	19.7	5	18	261	55	21.1
6	28	304	62	20.4	6	20	301	50	16.6
8	20	362	59	16.3	8	20	305	55	15.7
9	19	422	73	17.3	9	21	351	50	14.2
10	19	416	76	18.3	10	20	414	75	18.1
11	23	511	88	17.2	11	20	421	71	16.9

Die Unterschiede der Altersklassenmittelwerte wurden mit dem t-Test auf Signifikanz überprüft. Hierbei ergeben sich signifikante Unterschiede auf dem 5% Niveau zwischen den Jungen und Mädchen der Altersstufen 8, 9 und 11. Zwischen den 5-, 6- und 10jährigen Jungen und Mädchen bestehen nur geringe Unterschiede, die einer normalen Stichprobenvariabilität entsprechen.

3.4. Relative PWC₁₇₀

Die relative PWC₁₇₀ wird aus dem Quotienten des absoluten Wertes der PWC₁₇₀ und dem Körpergewicht gebildet. Es ist üblich, den relativen PWC-Wert in Watt/kg anzugeben; für den Fall, daß nur mkp/min-Werte zur Verfügung stehen, kann man diesen mittels Division durch 6 erhalten.

Betrachtet man die relative PWC₁₇₀ (siehe Tabelle 9), so fällt auf, daß es deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede im Grundschulalter gibt.

Tabelle 9: Relative PWC₁₇₀

J U N G E N					M Ä D C H E N				
Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v	Alter	n	$\bar{x}$	$\pm s$	v
5	24	2.26	0.46	20.4	5	18	2.07	0.42	20.3
6	28	2.19	0.38	17.4	6	20	2.24	0.37	16.5
8	20	2.19	0.29	13.2	8	20	1.88	0.25	13.3
9	19	2.18	0.48	22.0	9	21	1.93	0.30	15.5
10	19	2.13	0.34	16.0	10	20	1.92	0.33	17.2
11	23	2.25	0.34	15.1	11	20	1.77	0.20	11.3

Bestätigung findet die bei der Herzschlagfrequenz besprochene Leistungsfähigkeit der Vorschulkinder. Alle Vorschulkinder - mit Ausnahme der 5 jährigen Mädchen - haben einen relativen PWC₁₇₀-Wert von ≈ 2.20 Watt/kg Körpergewicht. Mit 2.26 Watt/kg Körpergewicht erreichen die 5 jährigen Jungen sogar den höchsten PWC-Wert dieser Untersuchung. Die relative Streuung nimmt zunächst bei beiden Geschlechtern gleichmäßig von 20 % auf 13 % ab. Danach ist eine eindeutige Tendenz dieses Streuungsmaßes nicht erkennbar.

Der t-Test für den Vergleich zweier Mittelwerte ergab zwischen den 8- und 11jährigen Jungen und Mädchen signifikante Unterschiede auf dem 5% Niveau. Dagegen sind die Differenzen der Mittelwerte bei den 9- und 10jährigen Jungen und Mädchen statistisch nicht signifikant.

Nimmt man die relativen PWC_{170} -Werte der Vorschulkinder zusammen, so ergibt sich ein Mittelwert von 2.19 Watt/kg Körpergewicht. Für die Jungen der Altersklassen 8 - 11 wird ein mittlerer PWC_{170} -Wert von 2.19, bei den Mädchen der gleichen Altersklasse ein PWC_{170} -Wert von 1.87 Watt/kg Körpergewicht bestimmt.

3.5. Kontrollversuch

In einem Kontrollversuch an fünf Kindern des Untersuchungsgutes wurde unter den gleichen Bedingungen wie im Hauptversuch eine ergometrische Untersuchung durchgeführt. Dabei zeigte sich bei den fünf Versuchspersonen gegenüber der Erstuntersuchung bei der 1 Watt/kg Körpergewicht-Leistung eine Erhöhung der Herzschlagfrequenz von durchschnittlich fünf Schlägen/min. Bei der 2 Watt-Leistungsstufe verminderte sich die Herzschlagfrequenz um durchschnittlich fünf Schläge/min.

Der Vergleich der tatsächlich erbrachten Leistungen in Watt beider Versuche gab folgende Ergebnisse:

- a) Die Kinder zeigten in der 1. Leistungsstufe im Wiederholungsversuch eine um durchschnittlich 0.5 Watt geringere Leistung,
- b) bei der 2. Leistungsstufe zeigten sie im Wiederholungsversuch durchschnittlich eine um 1 Watt geringere Leistung (siehe Tabelle 10 auf der folgenden Seite).

Tabelle 10: Watt-Leistung und Herzschlagfrequenz bei Leistung von 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht im Vergleich zwischen Erst- und Wiederholungsversuch

	1 Watt/kg Körpergewicht		2 Watt/kg Körpergewicht	
	Watt	HF	Watt	HF
Erstversuch	22.0	111	42.0	160
Wiederholungsversuch	21.5	116	41.0	155

Man kann also feststellen, daß bei dem Wiederholungsversuch bei beiden Leistungsstufen etwas geringere Leistungen zu vermerken waren. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ist jedoch bei einem sehr kleinen Fehler von 3 % sehr groß. Unter Berücksichtigung der tatsächlich erbrachten Leistungen kann vermutet werden, daß Abweichungen der Herzschlagfrequenzen auch bei annähernd gleichen Leistungsstufen auftreten. Die Faktoren, die diese Inkonstanz der Herzschlagfrequenz bedingen darzustellen, ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Hingewiesen sei jedoch auf die Kreislauflabilität durch seelische Zustandsänderungen.

Bei Kindern tritt sehr viel eher eine Situation ein, die zu psychogenen Kreislaufreaktionen führt. RUTENFRANZ weist darauf hin, "daß die Pulsfrequenz von Kindern auffallend labil ist. Hierunter versteht man die besondere Leichtigkeit, mit der sich im Kreislauf der Kinder ohne Änderung des Energieverbrauches plötzlich und meist kurzzeitig Alterationen einstellen." (Rutenfranz, 1964, S. 35)

Eine Herzschlagfrequenzmessung - auch unter Belastung - wird daher davon ausgehen müssen, daß adäquaten Leistungen nicht immer gleiche Herzschlagfrequenzen entsprechen.

Wesentlich für die Reproduktion eines Untersuchungsergebnisses sind daher die eindeutig definierten Bedingungen und die Einhaltung der standardisierten Untersuchungsmethoden. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, können vergleichende Beurteilungen durchgeführt werden.

4. Vergleichende Beurteilung der Untersuchungsergebnisse

4.1. Anthropometrische Parameter

Die Ergebnisse der anthropometrischen Messungen werden im Vergleich mit den Körperdaten des Untersuchungsgutes von MOCELLIN et al. (1971) und Körpernormwerten von MEREDITH (NELSON, 1969) diskutiert.

Die Körperlänge der 8jährigen Jungen weicht mit 3,9 cm stark von den Normwerten von MERIDITH ab (siehe Tabelle 11) und entspricht etwa dem 25. Percentil, d.h. in der normalverteilten Stichprobe haben nur 25% den Wert der vorliegenden Untersuchung oder liegen darunter. Man kann die Höhe der Abweichung von der Normgröße auch in Altersstufen angeben. Die 3,9 cm entsprechen in etwa einer Differenz von 0,75 Jahren unter der Altersnormgröße.

Tabelle 11: Vergleich der biologischen Meßdaten Körperlänge und Körpergewicht verschiedener Untersucher: I. Eigene Untersuchung, II. Mocellin et al., III. Körpernormwerte nach Meredith

Alter	Körperlänge (cm)				Körpergewicht (Kg)		
	I	II	III		I	II	III
5	114.7	114.5	114.4	<u>JUNCEN</u>	20.8	20.9	20.7
6	121.2	123.8	120.8		23.1	23.4	23.2
8	128.9	133.7	132.8		27.6	28.4	28.6
9	136.9	141.1	137.9		32.9	32.7	31.3
10	142.2	144.5	142.3		32.9	34.1	33.9
11	149.0	148.7	146.9		38.4	38.0	36.7
5	114.4	115.3	112.8	<u>Mädchen</u>	21.1	20.5	20.0
6	119.8	122.0	119.1		22.6	23.3	22.4
8	129.7	131.9	130.5		27.1	27.0	27.7
9	135.9	136.7	135.8		30.8	30.2	30.4
10	142.2	141.8	141.7		36.5	33.0	33.8
11	149.0	146.3	148.1		40.0	36.8	37.7

Die 11jährigen Jungen weichen um 2.1 cm nach oben von den Normwerten Merediths ab, alle übrigen Werte stimmen mit diesen gut überein.

Bei den Mädchen haben die 5jährigen eine geringe Abweichung von 1,6 cm, ansonsten sind auch hier die eigenen Werte in guter Übereinstimmung mit den Normwerten.

Der Vergleich mit MOCELLIN zeigt bei der Körperlänge stärkere Abweichungen der vorliegenden Untersuchung als beim Vergleich mit MEREDITH.

Das Körpergewicht der untersuchten Kinder weist jeweils in zwei Altersgruppen der Jungen und Mädchen Unterschiede zu den Normwerten auf. Bei den 9- und 10jährigen Jungen liegen die Werte um eine halbe Altersstufe unter den Normwerten, während die Mädchen 2.7 bzw. 2.3 kg über der Altersnorm von MEREDITH liegen.

Es sollte bei einem Vergleich von biologischen Daten einer Untersuchung mit vorhandenen Normwerten nicht vergessen werden, daß es sich dabei jeweils um Mittelwerte handelt.

Es ist besonders für die letzte Phase des frühen Schulalters (10. und 11. Lebensjahr) zu beachten, daß einige Kinder in ihrer körperlichen Entwicklung akzeleriert sind und daher in Körperlänge und Körpergewicht über den Altersnormen liegen. Vergleicht man die Variabilitätskoeffizienten, so kann man eine altersabhängige Streuung erkennen, die bei den beiden ältesten Mädchengruppen fast 19% beträgt und bereits auf eine Pubertätsbeschleunigung des Wachstums dieser Kinder hinweist.

Diese Feststellung findet sich bestätigt, wenn man die Tabelle von Dossing (Brock, 1954) betrachtet, in der das durchschnittliche Körpergewicht nicht pro Altersklasse sondern pro Körperlängengruppe berechnet ist. Danach würde einer Körperlänge von

149 cm bei den Mädchen ein Gewicht von 39.5 kg entsprechen. Das zeigt, daß die Abweichung der 11jährigen Mädchen in der vorliegenden Untersuchung in bezug auf das Körpergewicht nur die Altersnorm betrifft.

Dieses Beispiel kann deutlich machen, welche Problematik hinter derartigen Normvergleichen steht und daß bestehende Unterschiede keine Aussagen erlauben, ob ein Kind akzeleriert oder retardiert ist.

Zusammenfassend kann man sagen, daß eine gute Übereinstimmung der anthropometrischen Daten dieser Untersuchung mit den Normwerten von MEREDITH besteht. Einige Abweichungen lassen sich jeweils durch Akzelerationserscheinungen erklären. Das ermöglicht einen Vergleich dieser Untersuchungsergebnisse mit denen anderer Autoren.

4.2. Herzschlagfrequenz

Der Vergleich der Herzschlagfrequenz mit den Ergebnissen anderer Untersucher ist recht problematisch, weil kaum vergleichbare Ergebnisse vorhanden sind und andererseits methodische Abweichungen zwischen den Untersuchungen bestehen.

Die großen Schwankungen der Herzschlagfrequenz bei Kindern werden von DRESSLER und MELLEROWICZ (1961) erwähnt und zwar mit besonderer Betonung für das Alter von 7 bis 10 Jahren.

KLIMT/HAENSE (1970) haben bei 161 4- bis 6jährigen Kindern sechs Minuten mit 1 Watt/kg Körpergewicht belastet. Ein direkter Vergleich der Werte der Vorschulkinder der vorliegenden Untersuchung und KLIMTS Werten am Ende der 2. Leistungsminute ergibt eindeutige Unterschiede von 17 bzw. 22 Schlägen/min bei den Mädchen.

Gründe für KLIMTS höhere Herzschlagfrequenzwerte können methodischer Art sein. Er benutzte ein Bambirad, das an ein Lauckner-Ergometer angeschlossen wurde. Weiterhin beeinflusste der Anteil der 4jährigen Kinder die Untersuchungsergebnisse. Den wahrscheinlich größten Einfluß auf die unterschiedlichen Herzschlagfrequenzwerte kann die von KLIMT durchgeführte Sauerstoffatmung gehabt haben. Die Kinder zeigen im Bereich submaximaler Leistungen durch den zusätzlichen apparativen Aufwand eine psychisch bedingte Erhöhung der Herzschlagfrequenz.

MELLEROWICZ und LERCHE (1958) untersuchten die Herzschlagfrequenz bei einer relativen Leistung von 1 Watt bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht bei 10- bis 19jährigen Jugendlichen. Dabei erreichten die 10- bis 11jährigen Kinder Durchschnittswerte der Herzschlagfrequenz von 154 bei 1 Watt und 178 Schläge/min bei 2 Watt-Leistung. Diese Ergebnisse weichen von den in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Werten deutlich ab. Gründe hierfür könnten möglicherweise in der Inhomogenität des Untersuchungsgutes liegen. Zu erwähnen ist, daß die Arbeit an einem Handkurbelergometer im Stehen geleistet wurde. Nach MELLEROWICZ zeigen sich bei Handkurbelarbeiten im Stehen wesentlich höhere Werte der Herzschlagfrequenz als bei Fußkurbelarbeit im Sitzen oder Liegen (Dressler/Mellerowicz, 1961).

Die Unterschiede zwischen den beiden Leistungsstufen liegen bei MELLEROWICZ bei 24 Schlägen/min, während die vorliegende Untersuchung 36 bzw. 38 Schläge/min bei den 10- bis 11jährigen Jungen zeigt.

Signifikante Unterschiede der Leistungsherzschlagfrequenz bei relativ gleichen Leistungen konnten MELLEROWICZ und LERCHE nicht feststellen. Die Abnahme der Leistungsherzschlagfrequenz im Laufe der jugendlichen Entwicklung entspricht etwa dem altersbedingten Ruhefrequenzabfall.

Betrachtet man die Herzfrequenzwerte aller Altersstufen dieser Untersuchung, so weisen die Mädchen der Altersstufen 8 bis 11 Jahre eine etwas höhere Herzschlagfrequenz bei beiden Leistungsstufen auf als die jüngeren Kinder.

4.3. PWC₁₇₀

Die zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit gebräuchliche Bestimmung der PWC₁₇₀ ist in einer Vielzahl von Untersuchungen an Kindern und Erwachsenen durchgeführt worden. WAHLUND (1948) hatte aus der Kenntnis der Linearität zwischen Pulsfrequenz und O₂-Verbrauch und der verlangten Leistung diese Form der Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit eingeführt.

Weiterhin ist festgestellt worden, daß "der Pulsfrequenzanstieg aber eine klare Abhängigkeit von Lebensalter, Geschlecht und Trainingszustand aufweist." (Mocellin/Rutenfranz, 1970, S. 63).

Bei WAHLUNDS Methode werden in drei aufeinanderfolgenden Versuchen von je 6,5 Minuten die Anfangsleistungen von 300 (50 Watt) bzw. 600 (100 Watt) mkp/min und je 300 (50 Watt) mkp/min gesteigert, bis der Proband die Arbeit nicht mehr leisten kann oder die Herzschlagfrequenz von 170 erreicht ist. Die Atemfrequenz soll etwa 35 Atemzüge/min betragen.

Untersuchungen an Schulkindern haben gezeigt, daß die Originalmethode für Kinder nicht geeignet ist, weil diese wegen Ermüdungserscheinungen die Versuche abbrechen und nicht bis an ihre Leistungsgrenze herankommen. So hat RUTENFRANZ bei seinen Versuchen die Kinder an jedem Untersuchungstag nur jeweils einen Arbeitsversuch durchführen lassen (Rutenfranz, 1964).

Die von MELLEROWICZ (1972) vorgeschlagene Methode zur Bestimmung der PWC₁₇₀ sieht kleine Leistungsstufen (10, 25 Watt,

1 Watt/kg) von 1 bis 3 Minuten vor. Es können absolute Leistungen gemessen werden, die sich nach Alter und Trainingszustand richten. Besser sind relative Leistungen, die sich auf das Körpergewicht beziehen. Letztere Methode hat bei Kindern den Vorteil, die erheblichen Unterschiede des Entwicklungsstandes und der biologischen Parameter zu berücksichtigen. Die vorgeschlagenen Leistungsstufen liegen bei 1 bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht.

FRANZ (1973) hat bei vergleichenden Untersuchungen zur Messung der PWC_{170} festgestellt, daß unter Anwendung unterschiedlicher Methoden (A: Stufen 10 Watt/min, B: Stufen 25 Watt/2 min, C: Stufen 1 Watt/kg / 3 min) der ermittelten PWC_{170} -Werte nur maximal um 7 Watt oder 4 % differieren.

Die zahlreichen Untersuchungen der letzten 20 Jahre haben eine Vielzahl von Daten über die körperliche Leistungsfähigkeit gebracht. Es sollen jetzt anhand von Untersuchungen einiger Autoren vergleichende Betrachtungen vorgenommen werden mit dem Ziel, auf mögliche Unterschiede in den einzelnen Ländern aufmerksam zu machen. Es wird dabei zuerst die absolute Leistungsfähigkeit berücksichtigt und später der relativen Leistungsfähigkeit gegenübergestellt.

Die Vergleichsuntersuchungen stammen aus Kalifornien, Kanada und der Bundesrepublik Deutschland und gelten für Kinder und Jugendliche von 5 bis 18 Jahren und Erwachsene.
(Siehe Tabelle 12 auf Seite 41.)

Tabelle 12: Absolute PWC_{170} in mkp/min verschiedener Untersucher bei Kindern im Alter von 5 bis 11 Jahren

Alter (Jahre)	Eigene Werte 1980		Mocellin et al. Normwerte (BRD) 1970		Mocellin et al. empirische Werte (BRD) 1970		Cumming und Cumming (Kanada) 1963		Adams et al. (Kalifornien) 1961	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
5	279 (n=24)	261 (n=18)	213	169	217 (n=9)	172 (n=11)	-	-	-	-
6	304 (n=28)	301 (n=20)	255	203	241 (n=8)	187 (n=10)	270 (n=5)	220 (n=5)	331 (n=10)	265 (n=10)
8	362 (n=20)	305 (n=20)	356	276	384 (n=9)	254 (n=12)	457 (n=5)	312 (n=5)	438 (n=11)	343 (n=11)
9	422 (n=19)	351 (n=21)	408	315	439 (n=10)	330 (n=11)	435 (n=5)	309 (n=5)	472 (n=10)	337 (n=10)
10	416 (n=19)	414 (n=20)	459	360	429 (n=11)	386 (n=11)	458 (n=5)	329 (n=5)	551 (n=9)	406 (n=9)
11	511 (n=23)	421 (n=20)	515	412	542 (n=10)	389 (n=12)	474 (n=5)	497 (n=5)	650 (n=10)	488 (n=11)

ADAMS et al. (1961) haben bei 6- bis 14jährigen kalifornischen Schulkindern drei Leistungsversuche von 6 Minuten durchgeführt mit Leistungsstufen gestaffelt nach Gewichtsklassen. Der 1. Leistungsversuch wurde mit der Leistung von 100 mkp/min = 16.6 Watt begonnen. Hierin liegt meiner Meinung nach schon eine methodische Schwäche, weil nach MOCELLIN et al. (1971) die Linearität zwischen Herzfrequenz und Leistung erst von einer relativen Leistung von 1 Watt/kg Körpergewicht einsetzt. Das erklärt unter Umständen dann auch die von ADAMS gefundenen Werte der absoluten PWC_{170} , die alle höher liegen als die der verglichenen Messungen (siehe Tabelle 12). Diese Altersklassendifferenzen veranlaßten eine Überprüfung der biologischen Parameter. Dabei wurde gefunden, daß die kalifornischen Kinder bezüglich des Körpergewichts und der Körperlänge über den Werten der vorliegenden Untersuchung lagen (siehe Tabelle 13), deren gute Übereinstimmung mit den Körpernormwerten von MEREDITH bereits erwähnt wurde.

Tabelle 13: Vergleichswerte von Körpergewicht und Körpergröße der Untersuchung von ADAM et al. (A) und der eigenen Untersuchung (B).

	Alter	Gewicht (kg)		Größe (cm)	
		A	B	A	B
Jungen	6	24	23.1	121	121.2
	8	30	27.6	131	128.9
	9	35	32.9	140	136.9
	10	40	32.9	145	142.2
	11	46	38.4	152	149.0
Mädchen	6	24	22.6	120	119.8
	8	30	27.1	132	129.7
	9	32	30.8	133	135.9
	10	38	36.5	144	142.2
	11	44	40.0	148	149.0

CUMMING und CUMMING (1963) untersuchten kanadische Schulkinder im Alter von 6 bis 10 Jahren. Ihre absoluten PWC₁₇₀-Werte liegen näher an den eigenen Ergebnissen als die von ADAMS.

MOCELLIN et al. (1971) untersuchten 292 Jungen und Mädchen im Alter von 5 bis 18 Jahren. Die empirisch gewonnenen Daten sowie rechnerisch ermittelte Normwerte der PWC₁₇₀ sollen mit den eigenen Werten verglichen werden. Die größten Unterschiede im Vergleich mit MOCELLINS Normwerten ergeben sich bei den Kindern der Altersklasse 5 und 6, die etwa 50 bis 100 mkp/min (16.6 Watt) betragen. Günstiger sieht es dagegen bei den 8- bis 11jährigen Kindern aus. Hier sind die Werte bei den Jungen etwa gleich, während bei den Mädchen die Normwerte geringer sind.

Die empirischen Daten MOCELLINS stimmen bei den Grundschulkindern gut überein und ergeben keine größeren Differenzen. Beachtliche Unterschiede treten zwischen den Vorschulkindern der beiden Untersuchungen auf. Mit einem deutlichen geschlechtsspezifischen Unterschied von 50 mkp/min (8.3 Watt) weichen MOCEL-

LINS Werte von den eigenen Ergebnissen ab, in der derartige Differenzen bei den 5jährigen bei 18 mkp/min (3.0 Watt) und bei den 6jährigen bei 3 mkp/min (0.5 Watt) liegen.

Die Angaben zur absoluten PWC_{170} beziehen sich lediglich auf die Altersklassen. Sehr interessant ist eine Bewertung der relativen PWC_{170} . In welchem Maße verändern sich z.B. die extremen Werte von ADAMS unter Berücksichtigung des Körpergewichts?

Die relative PWC_{170} von ADAMS hat nun fast die Werte der Normdaten (Mocellin). Die Werte der Jungen sind nicht einheitlich von den Normdaten abweichend; auch die Mädchen bewegen sich klar unter 2 Watt/kg Körpergewicht und weichen ebenfalls nicht stark von den Normdaten ab (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14: Relative PWC_{170} in Watt/kg Körpergewicht verschiedener Untersucher bei Kindern im Alter von 5 bis 11 Jahren

Alter (Jahre)	Eigene Werte 1980		Mocellin et al. Normwerte (BRD) 1970		Mocellin et al. empirische Werte (BRD) 1970		Cumming und Cumming (Kanada) 1963		Adams et al. (Kalifornien) 1961	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
5	2.26 (n=24)	2.07 (n=18)	1.69	1.39	1.70 (n=9)	1.38 (n=11)	-	-	-	-
6	2.19 (n=28)	2.24 (n=20)	1.80	1.49	1.69 (n=8)	1.32 (n=8)	1.92 (n=5)	1.72 (n=5)	2.26 (n=10)	1.81 (n=10)
8	2.19 (n=20)	1.88 (n=20)	2.04	1.63	2.22 (n=9)	1.54 (n=12)	2.50 (n=5)	1.55 (n=5)	2.39 (n=11)	1.87 (n=11)
9	2.18 (n=19)	1.93 (n=21)	2.14	1.70	2.20 (n=10)	1.79 (n=11)	2.10 (n=5)	1.75 (n=5)	2.21 (n=10)	1.73 (n=10)
10	2.13 (n=19)	1.92 (n=20)	2.22	1.75	2.06 (n=11)	1.92 (n=11)	2.21 (n=5)	1.80 (n=5)	2.26 (n=9)	1.75 (n=9)
11	2.25 (n=23)	1.77 (n=20)	2.30	1.79	2.34 (n=10)	1.73 (n=12)	2.29 (n=5)	1.89 (n=5)	2.32 (n=10)	1.82 (n=11)

Diese sichtbare Annäherung der Werte ADAMS an die Normdaten (Mocellin) ist auf die Relation zum Körpergewicht zurückzuführen und verstärkt die Forderung einiger Autoren, möglichst nur die relative PWC_{170} zu vergleichen.

Durch die Untersuchungen von CUMMING und CUMMING wie auch MOCELLIN werden die eigenen Meßergebnisse der Grundschulkin-der bestätigt. Bei der relativen PWC_{170} der 5- und 6jährigen bestehen erhebliche Unterschiede bei verschiedenen Untersu-chern, und es stellt sich die Frage, wie diese Ergebnisse zu beurteilen sind. Ein Problem ergibt sich durch die Anwendung verschiedener Untersuchungsmethoden, wodurch die Ergebnisse nicht immer direkt vergleichbar sind.

MOCELLIN und RUTENFRANZ (1970) haben in der Absicht, die hohe Streuung der Einzelwerte zu erklären, die Versuchsmethodik von drei Belastungsstufen mit konstanten Leistungen auf konti-nuierlich steigende Leistungsstufen von 10 Watt/2 min umgestellt.

MOCELLIN et al. haben nun herausgefunden, "daß die Werte der Pulsfrequenz wie auch der Sauerstoffaufnahme auf nominell gleichen Leistungen bei kontinuierlich steigender Leistung unter denjenigen bei stufenweise steigender Leistungen liegen. Infolgedessen sind die W_{170} -Werte bei kontinuierlichem Lei-stungsanstieg höher als die bei stufenweise erfolgreichem Lei-stungsanstieg". Diese methodenabhängige Differenz soll nach vergleichenden Untersuchungen an 9- bis 18jährigen Jungen un-abhängig vom Alter bei ca. 90 mkp/min liegen. Die in Tabelle 14 angegebenen Werte wurden bereits um diese Größe vermindert.

Ein zweites Problem besteht in der Auswahl des Untersuchungs-gutes. Man muß berücksichtigen, daß MOCELLIN et al. ihre Ver-suchspersonen zwar aus allen Schulzweigen nahmen, daß aber auch Kinder eines städtischen Kinderheimes an der Untersuchung beteiligt waren. Das erscheint dem Autor problematisch, weil man annehmen kann, daß sich gerade die Altersklasse der 5- und 6jährigen, die noch nicht zur Schule gehen, überwiegend aus den Heimkindern rekrutierte, die das Ergebnis verfälschen könn-ten.

Eine Abhängigkeit der PWC_{170} von den optimalen Leistungsstufen wird von PLACHETA et al. (1971) genannt. Durch zu hohe oder zu niedrige Anfangsleistungen kommt es nur zu bedingt richtigen Ergebnissen.

Bei Untersuchungen an 39 9- bis 14jährigen Kindern konnten MOCELLIN und RUTENFRANZ (1970) eine strenge Linearität zwischen Leistung und Herzschlagfrequenz nur im Bereich einer Leistung von ≥ 1 Watt/kg Körpergewicht und der Herzschlagfrequenz von 170/min feststellen. Unterhalb dieses Bereiches war der Pulsfrequenzanstieg geometrisch progressiv, oberhalb dieses Bereiches geometrisch degressiv. Die Einhaltung einer relativen Leistung von mindestens 1 Watt/kg Körpergewicht und das Erreichen einer Herzschlagfrequenz von 170/min sollten daher gewährleistet sein.

Wird die begrenzte Linearität zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung nicht beachtet wie z.B. bei ADAMS, der die erste Leistungsstufe mit 17 Watt angibt - also < 1 Watt/kg Körpergewicht, - so kann dies zur Verfälschung des PWC_{170} -Ergebnisses führen.

Unter Berücksichtigung dieser Gegebenheiten kann angenommen werden, daß sich die Leistungsfähigkeit der Kinder vom Vorschulalter bis zur Vorpubertät in Watt/kg Körpergewicht wie folgt entwickelt:

Im Alter von 5 bis 6 Jahren bestehen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede der Leistungsfähigkeit. Die relative PWC_{170} erreicht etwa die gleichen Werte wie die der 10- bis 11-jährigen Jungen. Im Schulalter kommt es zu einem deutlichen relativen Abfall der Leistungsbreite der Mädchen mit Werten zwischen 1.80 und 1.90 Watt/kg Körpergewicht. Bei den Jungen ist zwar ein leichter nicht signifikanter Leistungsabfall (bis zum 10. Lebensjahr) festzustellen, insgesamt aber bleibt die Leistungsfähigkeit auf einem Niveau über 2.10 Watt/kg Körpergewicht (siehe Abbildung 5).

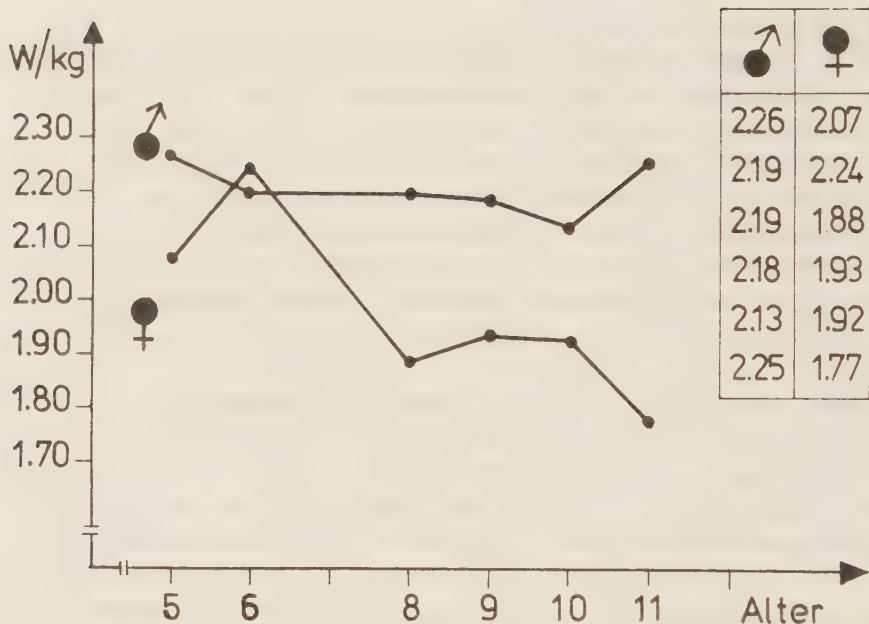


Abb.5 : Die relative PWC_{170} der Jungen und Mädchen im Alter von 5 bis 11 Jahren.

Eine vergleichende Untersuchung der PWC_{170} bei Kindern und Erwachsenen sollte annähernd gleiche Untersuchungsmethoden voraussetzen. Deshalb wurden nur Untersuchungen aus dem Institut für Leistungsmedizin Berlin herangezogen, die die genannte Bedingung erfüllen.

DRANSFELD und MELLEROWICZ (1957) stellten bei Untersuchungen an untrainierten Männern eine relative PWC_{170} von 3.0 ± 0.5 Watt/kg Körpergewicht fest, während die Frauen nur eine relative PWC_{170} von 2.5 ± 0.5 Watt/kg Körpergewicht erreichten.

MEYER-ROSORIOUS (1979) hat bei 100 untrainierten bis mäßig trainierten männlichen Erwachsenen im Alter von 18 - 35 Jahren eine relative PWC_{170} von 2.64 ± 0.36 ermittelt.

C. VOGT (1979) hat in einer neueren Untersuchung bei untrainierten weiblichen und männlichen Erwachsenen die relative PWC_{170} ermittelt. Sie ergab bei den Männern ($n=50$) den Wert 2.61 ± 0.41 Watt/kg Körpergewicht und bei den Frauen ($n=49$) 2.26 ± 0.35 Watt/kg Körpergewicht.

Diese recht deutlichen Unterschiede werden von C. VOGT damit begründet, daß zwischen den Untersuchungen mehr als 20 Jahre liegen und es daher durch zunehmenden Bewegungsmangel zu einer verminderten cardio-corporalen Leistungsfähigkeit kommt.

Es handelte sich bei den Untersuchungen von DRESSLER und MELLEROWICZ um Handkurbelarbeit im Stehen. Es wird dabei (wie bereits im Kapitel zur Herzfrequenz beschrieben) eine größere biologische Leistung gefordert als bei Tretkurbelarbeit im Sitzen (Fahrradergometer) oder im Liegen. Entsprechend sind die Herzfrequenzwerte und die daraus berechnete PWC_{170} größer als bei den Untersuchungen von C. VOGT und MEYER-ROSORIOUS.

Eine nicht unwesentliche Rolle spielt die Auswahl des Untersuchungsgutes. Besteht ein Kollektiv ausschließlich aus (Sport-)Studenten, sind die Ergebnisse mit anderen gesellschaftlichen Gruppen nicht zu vergleichen. Erst die Summe vieler Einzelkollektive kann dann ein annähernd repräsentatives Bild zum untersuchten Problem zeichnen.

Nicht zu übersehen sind die methodischen Unterschiede der einzelnen Untersuchungen bezüglich der Leistungsstufen. Einige Forscher haben in Voruntersuchungen jeweils die Methodenabweichungen quantifiziert (CHINTANASERI, FRANZ, MOCELLIN, VOGT).

Es sollen nun die eigenen Werte der Kinder (5-11 Jahre) mit den neuen Ergebnissen der relativen PWC_{170} -Werte für Frauen und Männer (C. VOGT) verglichen werden. Wenn man den Mittelwert der PWC_{170} der Männer gleich 100 % setzt, dann haben die Vorschulkinder (5 und 6 Jahre) dieser Untersuchung mit 2.19 Watt oder 84 % eine um 16 % niedrigere (relative) PWC_{170}/kg Körpergewicht.

Die Jungen im Alter von 8-11 Jahren haben - wie bereits festgestellt - die gleiche PWC_{170} wie die Vorschulkinder. Die Mädchen der Altersstufe 8-11 Jahre haben eine PWC_{170}/kg Körpergewicht von 1.87 Watt. Setzt man diesen Wert in Beziehung zum Mittelwert der Frauen von 2.26 Watt (100 %), dann ergibt sich für die Mädchen eine Leistung von 83 %. Daraus kann man deutlich eine Tendenz erkennen, die für Kinder im Grundschulalter repräsentativ sein könnte. Gemessen an den Mittelwerten der PWC_{170} von Erwachsenen haben Jungen und Mädchen 16 % bzw. 17 % geringere Werte als Männer bzw. Frauen. Dies trifft bereits auch für Vorschulkinder zu.

4.4. Anwendung verschiedener PWC-Größen bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen

Die Physical Working Capacity (PWC) ist ein Maß der cardio-corporalen Leistungsbreite, das aufgrund des linearen Anstiegs der Pulsfrequenz bei ansteigender Leistung eingeführt wurde. Die Wahl der Pulsfrequenz von 170 Schlägen/min entspricht etwa der unteren Grenze des Maximalbereiches der Herzschlagfrequenz von Menschen mittleren Alters. Es ist schon mehrfach erwähnt worden, daß die PWC₁₇₀ bei Kindern und Jugendlichen nicht mit derjenigen von Erwachsenen gleichzusetzen ist. Das läßt sich gut an einem Vergleich der Ruheherzschlagfrequenzen mit den Maximalwerten der Herzschlagfrequenz darstellen.

Tabelle 15: Mittelwerte und obere und untere Grenzen der Ruhe-Pulsfrequenzen von Kindern und Jugendlichen nach Kaplan, in: Nelson, W. (rd.) Textbook of Pediatrics, p. 947, Philadelphia 1969

	Untere Grenze der Norm		Mittelwert		Obere Grenze der Norm	
Neugeborene	70		120		170	
1 - 11 Monate	80		120		160	
2 Jahre	80		110		140	
4 Jahre	80		100		120	
6 Jahre	75		100		125	
8 Jahre	70		90		110	
10 Jahre	70		90		110	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
12 Jahre	70	65	90	85	110	105
14 Jahre	65	60	85	80	105	100
16 Jahre	60	55	80	75	100	95
18 Jahre	55	50	75	70	95	90

Die Tabelle 15 zeigt die Mittelwerte und die oberen und unteren Grenzen der Norm. Vom 12. Lebensjahr an sind die Angaben nach Geschlechtern getrennt. Vom 18. Lebensjahr an sind die Werte mit denen der Erwachsenen identisch, und zwar bei Untrainierten mit ca. 70 Schlägen/min. Die Ruheherzschlagfrequenzen nehmen beginnend vom Säuglingsalter kontinuierlich ab. Für das Vorschul- und Grundschulalter sind daher Ruheherzschlagfrequenzen von 100 bzw. 90 Schlägen/min anzunehmen.

Die maximalen Herzschlagfrequenzen sind von verschiedenen Autoren zusammengestellt (s. Tabelle 16). Es werden dabei in der Literatur bezüglich der Maximalwerte bei Kindern unterschiedliche Werte angegeben. Mit zunehmendem Alter sinkt die maximale Herzschlagfrequenz. Als Faustregel zur Berechnung der maximalen Herzschlagfrequenz für Erwachsene gilt:

Herzschlagfrequenz 200 minus Lebensalter. (Nöcker, 1974)

Tabelle 16: Maximale Herzschlagfrequenzen bei Höchstbelastung von Normalpersonen verschiedener Altersstufen, zusammengestellt nach Angaben von HOLLMANN, MELLEROWICZ und NÖCKER

Alter	männlich	weiblich
5 - 9	≈ 230 - 250	≈ 230 - 250
10 - 14	≈ 220	≈ 220
15 - 20	≈ 200	≈ 190
21 - 30	≈ 180	≈ 170
31 - 40	≈ 160 - 170	≈ 150
41 - 50	≈ 140	≈ 140
über 50	≈ 130 - 140	≈ 130

Für die Erwachsenen (19 bis 30 Jahre) bedeutet danach die PWC_{170} eine Leistung, die 100 Schläge über der Ruhe-Herzschlagfrequenz und etwas unter der maximalen Herzschlagfrequenz liegt. Analog zu diesen Relationen sollte der adäquate PWC-Puls bei Kindern ebenfalls bei einer Herzschlagfrequenz von 100 Schlägen über dem Ruhepuls liegen.

Die Ergebnisse der graphischen Bestimmung der PWC_{170} , PWC_{180} , PWC_{190} und PWC_{200} sind zusammengefaßt aus der Tabelle 17 ersichtlich.

Die PWC_{180} - bis PWC_{200} -Werte liegen alle über 2 Watt/kg Körpergewicht, bei einigen Altersgruppen werden sogar 3 Watt/kg Körpergewicht erreicht.

Wie schon die relativen PWC_{170} -Werte gezeigt haben, zeigen die Kinder von 5 und 6 Jahren (Vorschulalter) keine wesentlichen Unterschiede. Deutliche Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen weisen dagegen die Altersstufen 8 bis 11 auf.

Tabelle 17: Verschiedene relative PWC-Größen der Kinder im Alter von 5 bis 11 Jahren

Alter	Geschlecht	PWC_{170}/kg	PWC_{180}/kg	PWC_{190}/kg	PWC_{200}/kg
5	Jungen	2.26	2.54	2.81	3.08
	Mädchen	2.07	2.35	2.61	2.89
6	Jungen	2.19	2.44	2.68	2.94
	Mädchen	2.24	2.48	2.74	3.00
8	Jungen	2.19	2.49	2.80	3.10
	Mädchen	1.88	2.13	2.39	2.64
9	Jungen	2.18	2.49	2.81	3.13
	Mädchen	1.93	2.21	2.49	2.78
10	Jungen	2.13	2.40	2.68	2.97
	Mädchen	1.92	2.19	2.47	2.75
11	Jungen	2.25	2.53	2.83	3.13
	Mädchen	1.77	2.02	2.27	2.53

Es werden daher für die verschiedenen Entwicklungsphasen folgende PWC-Werte vorgeschlagen:

A Vorschulinder bis	6 Jahre	PWC ₂₀₀
B Praepuberales Phase und 1. puberale Phase Kinder bis	12 Jahre	PWC ₁₉₀
C 2. puberale Phase Postpuberale Phase Jugendliche bis	18 Jahre	PWC ₁₈₀
D Erwachsene	19 - 30 Jahre	PWC ₁₇₀

Entsprechend diesen Überlegungen wurden für die Kinder im Vorschulalter die relative PWC₂₀₀ und für die Grundschulalter die relative PWC₁₉₀ berechnet (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen PWC₂₀₀ der Vorschulkinder und PWC₁₉₀ der Grundschulalter

Alter		Jungen $\bar{x}$ s		Mädchen $\bar{x}$ s	
PWC ₂₀₀	5	3.08	0.63	2.89	0.62
	6	2.94	0.54	3.00	0.53
PWC ₁₉₀	8	2.80	0.38	2.39	0.34
	9	2.81	0.58	2.49	0.40
	10	2.68	0.43	2.47	0.38
	11	2.83	0.38	2.27	0.23

Die gefundenen Werte bestätigen die bereits zur PWC_{170} gemachten Aussagen bezüglich der Leistungsbreite in den einzelnen Altersklassen. Die PWC_{200} der Vorschulkinder beträgt 2.98 Watt/kg Körpergewicht. Die PWC_{190} hat bei den Jungen im Grundschulalter einen mittleren Wert von 2.78 Watt/kg Körpergewicht und bei den Mädchen 2.40 Watt/kg Körpergewicht (Abb. 6 u. 7).

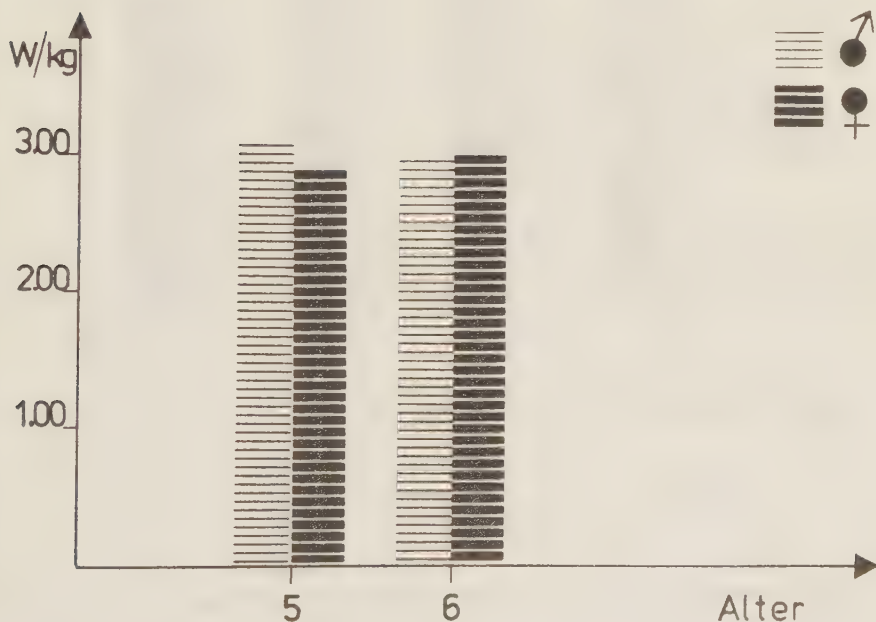


Abb. 6: Die relative PWC_{200} der Vorschulkinder in Watt/kg Körpergewicht.

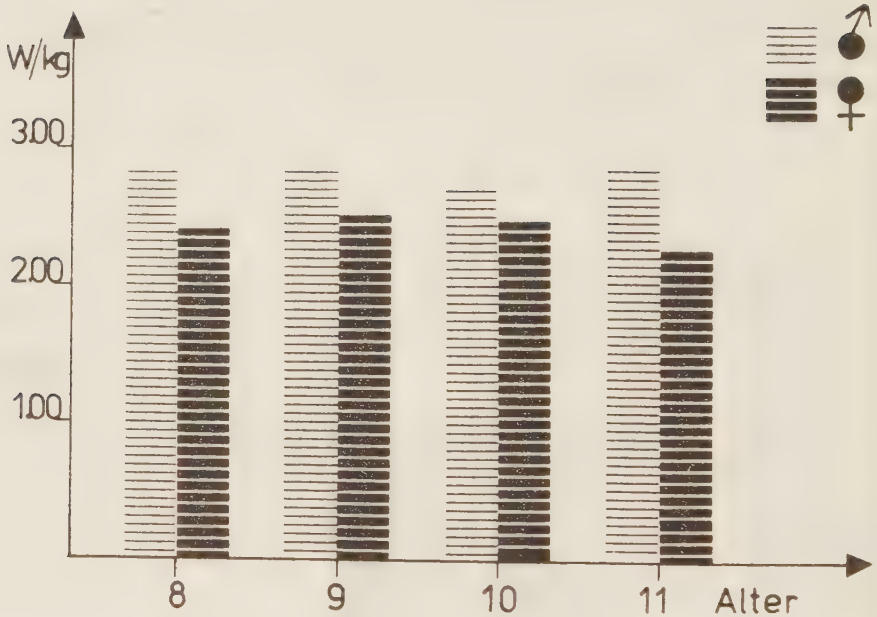


Abb.7 : Die relative PWC_{190} in Watt/kg Körpergewicht der Grundschul Kinder.

Wählt man als Bezugsgröße die neuen Werte zur PWC_{170} von C. VOGT - Männer $2.61 \text{ Watt} \pm 0.41$, Frauen $2.26 \text{ Watt} \pm 0.35$ - so entsprechen annähernd die PWC_{190} -Werte der Jungen und die der Mädchen diesen Daten. Die Signifikanzprüfung mit dem t-Test ergab keine signifikanten Unterschiede auf dem 1%-Niveau. Bei der Verwendung der PWC_{200} für die Vorschulkinder sind geschlechtsspezifische Unterschiede nicht erkennbar. Die relativ große Leistungsfähigkeit in dieser Altersstufe wird deutlich. Die Kinder erreichen mit 2.98 Watt/kg Körpergewicht einen relativ höheren Wert als die erwachsenen Männer.

5. Zusammenfassung

1. Es wurden ergometrische Messungen mit relativ gleichen Leistungen von 1 und 2 Watt/kg Körpergewicht zur Bestimmung der PWC_{170} an 133 Jungen und 119 Mädchen im Alter von 5 bis 11 Jahren durchgeführt.
2. Die Messungen der anthropometrischen Parameter Körperlänge und Körpergewicht ergaben im Vergleich zu den Normwerten von MEREDITH eine gute Übereinstimmung.
3. Die Mittelwerte der Herzschlagfrequenzen bei einer Leistung von 1 Watt/kg Körpergewicht lagen bei den Vorschulkindern zwischen 122 HF/min und 129 HF/min, während die Kinder im Alter von 8 bis 11 Jahren höhere Werte, nämlich Mittelwerte zwischen 127 HF/min und 138 HF/min aufwiesen.
4. Bei einer Leistung von 2 Watt/kg Körpergewicht waren die Mittelwerte der Vorschul Kinder zwischen 162 HF/min und 167 HF/min und die entsprechenden Werte der Kinder von 8 bis 11 Jahren zwischen 163 HF/min und 178 HF/min.
Bei den Grundschulkindern hatten die Mädchen in beiden Leistungsstufen signifikant höhere HF-Werte als die Jungen.
5. Die PWC_{170} /kg Körpergewicht ergab für die Vorschul Kinder insgesamt einen Wert von 2.19 Watt. Geschlechtsspezifische Unterschiede waren in dieser Altersstufe nicht erkennbar.
6. Die Grundschul Kinder dagegen zeigten deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede. Die PWC_{170} /kg Körpergewicht betrug bei den Jungen (8-11 Jahre) durchschnittlich 2.19 Watt, die Mädchen (8-11 Jahre) erreichten 1.87 Watt. Die Unterschiede bei den 8- und 11jährigen Knaben und Mädchen waren mit einem $p \leq 0.05$ statistisch signifikant.

7. Die Ergebnisse wurden mit Untersuchungen der letzten 20 Jahre diskutiert. Ein Vergleich der PWC_{170} für Männer und Frauen (C. VOGT) mit den eigenen Ergebnissen zeigte, daß die PWC_{170} der Vorschulkinder und der Jungen (8-11 Jahre) um 16 % kleiner sind als die PWC_{170} der Männer. Die Werte der Mädchen (8-11 Jahre) liegen im Vergleich mit den Frauen um 17 % unter dem Erwachsenenwert der PWC_{170} . Die Unterschiede sind bei $p < 0.001$ hoch signifikant.
8. Entsprechend der PWC_{170} bei Erwachsenen, die etwa 100 Pulse über der Ruheherzschlagfrequenz liegt, wurde für die Kinder, die eine höhere Herzschlagfrequenz in Ruhe und bei maximaler Leistung haben, die folgende gleitende PWC ermittelt:
- | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| Kinder bis zu 6 Jahren: | PWC_{200} | = | 2,98 W/Kg (Körpergewicht) |
| Kinder bis zu 12 Jahren: | PWC_{190} (Jungen) | = | 2,78 W/Kg (Körpergewicht) |
| Kinder bis zu 12 Jahren: | PWC_{190} (Mädchen) | = | 2,40 W/Kg (Körpergewicht) |
9. Die Ergebnisse zeigen insgesamt, daß die PWC_{200} als Ausdruck der cardio-corporalen entwicklungsspezifischen Leistungsbreite bereits im Vorschulalter (5-6 Jahre) ein hohes Niveau erreicht. Geschlechtsspezifische Unterschiede sind erst im Grundschulalter zu erkennen. Unter Berücksichtigung der biologischen Entwicklung der Kinder entspricht die altersabhängige relative PWC_{190} der 8- bis 11 jährigen Knaben und Mädchen annähernd der nur 20- bis 30 jährigen Männer und Frauen. Die kleinen Differenzen sind statistisch nicht signifikant.

6. Literaturverzeichnis

- ADAMS, F.H., LINDE, L.M., MIYAKE, H.: The physical working capacity of normal school children in California. In: Pediatrics 28, 55-64, (1961).
- ASTRAND, P.-O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen 1952.
- ASTRAND, P.-O., RODAHL, K.: Textbook of Work Physiology, New York 1970.
- BENGTTSSON, E.: The working capacity in normal children evaluated by submaximal exercise on the bicycle ergometer compared with adults. In: Acta medica Scandinavica 154, 91-109, (1956).
- BINK, B.; WAFELBAKKER, F.: Physical working capacity at maximum levels of work, of boys 12 - 18 years of age. In: Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 62, 957-961, (1968).
- BRENKE, H., ISRAEL, S.: Die Beziehungen zwischen Körpergewicht und absoluter sowie relativer (körpergewichtsbezogener) Leistung auf dem Fahrradergometer. In: Medizin und Sport 6, 190-191, (1966).
- BROCK, J.: Biologische Daten für den Kinderarzt, Bd. 1, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1954, S. 60-61.
- CHINTANASERI, C.: Untersuchungen zur Bestimmung der PWC₁₇₀ mit unterschiedlichen Leistungsstufen. Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin, 1973.
- CLAUB, G., EBNER, H.: Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Soziologen. Frankfurt - Zürich 1971.
- CUMMING, G.R., CUMMING, P.M.: Working capacity of normal children tested on a bicycle ergometer. In: Canadian medical Association Journal 88, 351-355, (1963).
- DRANSFELD, B., MELLEROWICZ, H.: Untersuchungen über das Verhalten der Herzschlagfrequenz während und nach körperlichen Leistungen. In: Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 16, 464-471, (1957).

- DRANSFELD, B., MELLEROWICZ, H.: Untersuchungen über Leistungsfähigkeit und Herzschlagfrequenz von Untrainierten bei Maximal-Leistungen am Handkurbelergometer. In: Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 17, 207-215, (1958).
- DRESSLER, F., MELLEROWICZ, H.: Atmung und Kreislauf gesunder Schulkinder bei einer submaximalen ergometrischen Leistung von 1 Watt/kg Körpergewicht. In: Zeitschrift für Kinderheilkunde 85, 31-49, (1961).
- ECKERMANN, P., MILLAHN, H.P.: Der Einfluß der Drehzahl auf die Herzfrequenz und die Sauerstoffaufnahme bei konstanter Leistung am Fahrradergometer. In: Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 23, 340-344, (1967).
- FÖRSTER, R.: Zum heutigen Stand der Ergometrie in der Sportmedizin. In: Medizin und Sport 9/10, 33-43, (1969/70).
- FÖRSTER, R., GÜRTLER, H., KIBITTEL, W., ZWINGER, H.: Zur Problematik der Ergometrie im frühen Schulalter. In: Medizin und Sport 9/10, 270-273, (1969/70).
- FRANZ, I.: Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der PWC₁₇₀. Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin, 1973.
- GÄRTNER, H.: Betrachtungen über die körperliche und sportliche Vervollkommenung des Kindes im frühen Schulalter. In: Wissenschaftliche Beiträge zur Körpererziehung im frühen Schulalter. Berlin 1968.
- HANSEN, G., MELLEROWICZ, H. (Hrsg.): 3. Internationales Seminar für Ergometrie. Berlin 1973.
- HELLBRÜGGE, Th., RUTENFRANZ, J., GRAF, O.: Gesundheit und Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter. Stuttgart 1960.
- HOLLMANN, W., HETTINGER, Th.: Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart - New York 1976.
- ISRAEL, S., BRENKE, H., DONATH, R.: Die Abhängigkeit einiger funktioneller Meßgrößen von der Trittfrequenz (Umdrehungszahl) bei der Fußkurbelergometrie. In: Medizin und Sport 7, 65-68, (1967).

- JANDA, Fr.: Einige Fragen der Belastung bei Funktionsprüfungen. In: Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 62, 945, (1968).
- JUNGSMANN, H., KNOOP, B.: Über die Gewöhnung an Ergometer-Untersuchungen. In: Sportarzt und Sportmedizin 17, 287-292, (1966).
- KLIMT, F., MAI, G., MATTAUSCH, H.: Über Möglichkeiten von ergometrischen Untersuchungen im Kleinkindesalter. In: Kinderärztliche Praxis 37, 117-121, (1969).
- KLIMT, F., HAENSE, B.: Ergometrie im Kleinkindesalter. In: Archiv Kinderheilkunde 180, 114-128, (1970).
- KLIMT, F., HAENSE, B.: Ergometrie im Kleinkindesalter. In: Archiv Kinderheilkunde 182, 32-46, (1970).
- KLIMT, F.: Leistungsmedizin im Kindesalter. Dokumentation Bd.I/1 (1962-1970) Berlin 1971.
- KLIMT, F., SCHOLZ, H., PANNIER, R., PAUFLER, D.: Leistungsmedizin im Kindesalter - Überblick über Forschungsarbeiten im Berichtsjahr 1970. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe 20, 837-843, (1971).
- KLIMT, F., VOIGT, G.B.: Untersuchungen zur Standardisierung der Sattelhöhe (bzw. Kniegelenkwinkel) bei ergometrischer Fußkurbelarbeit bei 6-, 8- und 10-jährigen Knaben. In: Pädiatrie und Grenzgebiete 10, 167-175, (1971).
- KLIMT, F.: Leistungsmedizin im Kindesalter. Dokumentation Bd.I/2 (1962-1970) Berlin 1972.
- KLIMT, F.: Leistungsmedizin im Kindesalter. Dokumentation Bd.II (1971) Berlin 1972.
- KLIMT, F.: Persönliche Mitteilungen.
- KLIMT, F.: Bedeutung von leistungsmedizinischen Untersuchungen für den Kinder- und Jugendgesundheitsschutz. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe 22, 182-192, (1973).

- LORENZ, K., LEUPOLD, W.: "Physical Working Capacity" und spiroergometrische Untersuchungsergebnisse im Kindesalter. In: Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 62, 942-945, (1968).
- MELLEROWICZ, H., LERCHE, D.: Ergometrische Untersuchungen zur Beurteilung der kardialen und körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. In: Zeitschrift für Kinderheilkunde 81, 36-49, (1958).
- MELLEROWICZ, H., HANSEN, G. (Hrsg.): 1. Internationales Seminar für Ergometrie. Berlin 1965.
- MELLEROWICZ, H., HANSEN, G. (Hrsg.): 2. Internationales Seminar für Ergometrie. Berlin 1968.
- MELLEROWICZ, H., HANSEN, G. (Hrsg.): 3. Internationales Seminar für Ergometrie. Berlin 1972.
- MELLEROWICZ, H.: Ergometrie beim Jugendlichen. In: Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 62, 929-931, (1968).
- MELLEROWICZ, H.: Praktische Ergometrie. In: der Landarzt 44, 1553-1556, (1968).
- MELLEROWICZ, H.: Ergometrie. München - Berlin 1979³.
- MELLEROWICZ, H., MELLER, W.: Training. Berlin - Heidelberg - New York 1972.
- MEYER-ROSORIOUS, R.: Vergleichende Untersuchungen über Korrelationen der PWC₁₇₀ und der maximalen O₂-Aufnahme. Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin, 1979.
- MOCELLIN, R., RUTENFRANZ, J.: Untersuchungen über die körperliche Leistungsfähigkeit gesunder und kranker Heranwachsender. In: Zeitschrift für Kinderheilkunde 104, 179-196, (1968).
- MOCELLIN, R., RUTENFRANZ, J.: Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit (W₁₇₀) im Kindesalter. In: Zeitschrift für Kinderheilkunde 108, 61-80, (1970).

- MOCELLIN, R., RUTENFRANZ, J., SINGER, R.: Zur Frage von Normwerten der körperlichen Leistungsfähigkeit (W_{170}) im Kindes- und Jugendalter. In: Zeitschrift für Kinderheilkunde 110, 140-165, (1971).
- MOCELLIN, R.: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Herzfrequenz bei relativ gleichen Leistungen vom Alter bei 5- bis 18-jährigen Heranwachsenden. In: 3. Internationales Seminar für Ergometrie. Berlin 1972.
- MOCELLIN, R., SEBENING, W., BÜHLMAYER, K.: Zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen mit operierten Herzfehlern. In: Zeitschrift für Kinderheilkunde 112, 281-292, (1972).
- NELSON, W.E. (Ed.): Textbook of Pediatrics. Philadelphia 1969.
- PLACHETA, Z., NOVAK, A., DRAZIL, V., STICH, Z.: Einige Probleme der Funktionstests bei submaximaler Belastung. In: Medizin und Sport 11, 153-157, (1971).
- RUTENFRANZ, J.: Möglichkeiten und Grenzen der Funktionsprüfungen von Herz und Kreislauf im Kindesalter. In: Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 62, 931-938, (1968).
- RUTENFRANZ, J., MOCELLIN, R.: Untersuchungen über die körperliche Leistungsfähigkeit gesunder und kranker Heranwachsender. In: Zeitschrift für Kinderheilkunde 103, 109-132, (1968).
- RUTENFRANZ, J., MOCELLIN, R.: Untersuchungen über Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern der körperlichen Entwicklung und der Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. In: Ergebnisse der Ergometrie. Berlin 1974.
- RUTENFRANZ, J., HOCKE, R., HOCKE, Ch., HOFFMANN-KEILHACKER, E.: Über den Aussagewert einiger ergometrischer Verfahren zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. In: Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 20, 294-315, (1964).
- RUTENFRANZ, J.: Entwicklung und Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. Basel 1964.
- SACHS, L.: Angewandte Statistik. Berlin - Heidelberg - New York 1973.

- SCHMIDT, F.-L.: Die Bedeutung der Umdrehungszahl beim Vergleichen und Beurteilen ergometrischer Untersuchungsergebnisse. In: Sportarzt und Sportmedizin 19, 254-361, (1968).
- SCHMIDT, F.-L.: Herzschlagfrequenz und Leistung. Basel 1973.
- SINGER, R., WILLIMCZIK, K. (Hrsg.): Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft. Grundkurs Datenerhebung 2. Bad Homburg v.d.H. 1978.
- STEGEMANN, J., ULMER, H.-V., HEINRICH, U.W.: Die Beziehung zwischen Kraft und Kraftempfindung als Ursache für die Wahl energetisch ungünstiger Tretfrequenzen beim Radsport. In: Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie 25, 224-234, (1968).
- STEMMLER, R., BECHER, H., REICHSTEIN, G., STEGLICH, W.: Statistische Methoden im Sport. Berlin 1973.
- STOBOY, H.: Physikalische und biologische Grundlagen der Ergometrie. In: 1. Internationales Seminar für Ergometrie. Berlin 1965.
- THOREN, C.: Studien über die submaximale und maximale Arbeit bei Schulkindern. In: Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 62, 938-942, (1968).
- ULMER, H.V.: Zur Methodik, Standardisierung und Auswertung von Tests für die Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Köln 1975.
- VOGT, C.: Vergleichende Untersuchungen zur PWC₁₇₀ bei untrainierten Männern und Frauen mittleren Alters. Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin 1979.
- WAHLUND, H.: Determination of the physical working capacity. A physiological and clinical Study with special reference to standardisation of cardiopulmonary functional tests. In: Acta medica scandinavica 132, Suppl. 215 (1948).
- WEIDNER, J.: Die Herzschlagfrequenz bei ergometrischer Leistung. In: 1. Internationales Seminar für Ergometrie. Berlin 1965.

WIESENER, H. (Hrsg.): Einführung in die Entwicklungsphysiologie des Kindes. Berlin 1964.

WILLIMCZIK, K.: Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft. Grundkurs Statistik. Frankfurt 1975.

WILLIMCZIK, K. (Hrsg.): Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft. Grundkurs Datenerhebung 1. Bad Homburg v.d.H. 1977.

7. Anhang

Individualwerte der Vor- und Grundschul Kinder

Vor- und Grundschul Kinder

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min		PWC AB S O L U T				PWC ¹⁷⁰ (Watt)	PWC ¹⁸⁰ (Watt)	PWC ¹⁹⁰ (Watt)	PWC ²⁰⁰ (Watt)
					1 W/kg	2 W/kg	PWC ¹⁷⁰	PWC ¹⁸⁰	PWC ¹⁹⁰	PWC ²⁰⁰	PWC ¹⁷⁰ (Watt)	PWC ¹⁸⁰ (Watt)	PWC ¹⁹⁰ (Watt)	PWC ²⁰⁰ (Watt)
1.	M. Qu.	5.00	23.5	1.13	134	176	42	47	52	57	1.79	2.50	2.21	2.43
2.	I. Du.	5.08	23.0	1.17	118	154	56	62	69	75	2.43	2.70	3.00	3.26
3.	M. Ha.	5.08	18.0	1.07	140	171	34	40	45	51	1.89	2.22	2.50	2.83
4.	A. Ke.	5.33	19.0	1.17	131	166	35	39	43	47	1.84	2.05	2.26	2.47
5.	K. Le.	5.33	19.0	1.11	154	176	32	40	48	57	1.68	2.11	2.53	3.00
6.	N. Br.	5.42	19.5	1.16	97	166	39	41	43	46	2.00	2.10	2.21	2.36
7.	A. Se.	5.42	18.0	1.04	120	143	56	63	70	78	3.11	3.50	3.89	4.33
8.	G. Sc.	5.42	25.0	1.18	134	187	41	46	52	57	1.64	1.84	2.08	2.28
9.	V. Ba.	5.50	24.0	1.20	150	187	35	41	46	52	1.46	1.71	1.92	2.17
10.	M. Re.	5.58	18.5	1.08	131	162	38	43	47	52	2.05	2.32	2.54	2.81
11.	S. Ha.	5.67	22.0	1.19	131	176	40	45	50	55	1.82	2.05	2.27	2.50
12.	E. Kr.	5.75	22.0	1.15	128	150	64	75	85	95	2.91	3.41	3.86	4.32
13.	R. Te.	5.75	24.0	1.20	116	158	55	61	67	73	2.29	2.54	2.79	3.04
14.	A. Kl.	5.83	18.0	1.12	131	171	36	41	46	51	2.00	2.28	2.56	2.83
15.	E. St.	5.83	20.0	1.13	118	158	45	49	53	57	2.25	2.45	2.65	2.85
16.	C. Hä.	5.83	23.0	1.15	125	176	42	47	51	55	1.83	2.04	2.22	2.39
17.	T. Gr.	5.92	20.0	1.14	128	171	40	45	49	54	2.00	2.25	2.45	2.70
18.	B. Ir.	5.92	22.5	1.20	134	166	52	60	69	77	2.31	2.67	3.07	3.42

♀
Vorschulkinder

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	PWC ₁₇₀	PWC ₁₈₀	PWC ₁₉₀	PWC ₂₀₀	PWC ₁₇₀ /kg (Watt)	PWC ₁₈₀ /kg (Watt)	PWC ₁₉₀ /kg (Watt)	PWC ₂₀₀ /kg (Watt)
							A B S O L U T							
19.	L. St.	6.00	22.5	1.17	134	162	51	59	67	75	2.26	2.62	2.98	3.33
20.	D. Wi.	6.00	19.5	1.22	118	166	41	45	49	53	2.01	2.31	2.51	2.72
21.	M. No.	6.00	27.5	1.20	134	200	40	43	46	50	1.45	1.56	1.67	1.82
22.	H. We.	6.00	21.0	1.18	120	154	54	60	66	73	2.57	2.86	3.14	3.48
23.	A. Sc.	6.00	19.5	1.13	97	162	49	53	57	61	2.51	2.72	2.92	3.13
24.	T. Ei.	6.08	23.0	1.23	113	166	48	52	56	60	2.09	2.26	2.43	2.61
25.	E. Ro.	6.08	21.5	1.24	107	150	60	65	71	77	2.79	3.02	3.30	3.58
26.	P. Be.	6.17	27.0	1.20	140	187	45	50	56	62	1.67	1.85	2.07	2.30
27.	N. Su.	6.17	22.0	1.09	125	150	61	69	77	86	2.77	3.14	3.50	3.91
28.	F. Zi.	6.17	19.0	1.13	128	166	39	43	47	51	2.05	2.26	2.47	2.68
29.	V. Wi.	6.25	24.0	1.24	137	171	50	57	65	72	2.08	2.38	2.71	3.00
30.	B. Ei.	6.33	23.0	1.19	120	154	55	61	68	74	2.39	2.65	2.96	3.22
31.	Y. La.	6.33	28.0	1.31	116	158	56	61	67	72	2.00	2.18	2.39	2.57
32.	K. Gi.	6.42	21.0	1.17	120	150	54	60	66	72	2.57	2.86	3.14	3.43
33.	K. Li.	6.42	22.5	1.20	118	166	46	50	55	60	2.04	2.22	2.44	2.67
34.	U. Ki.	6.50	25.0	1.24	122	150	70	80	89	98	2.80	3.20	3.56	3.92
35.	A. Lo.	6.50	26.0	1.27	134	166	55	63	71	80	2.12	2.42	2.73	3.08
36.	C. Ri.	6.58	18.5	1.15	128	166	39	43	47	52	2.11	2.32	2.54	2.81
37.	A. Ae.	6.67	20.0	1.18	125	171	39	43	48	52	1.95	2.15	2.40	2.60
38.	S. Ut.	6.92	21.0	1.22	111	158	52	57	62	67	2.48	2.71	2.95	3.19

♂
Vorschulkinder

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	A B S O L U T				PWC ₁₇₀ (Watt)	PWC ₁₈₀ (Watt)	PWC ₁₉₀ (Watt)	PWC ₂₀₀ (Watt)
											^{/kg}	^{/kg}	^{/kg}	^{/kg}
39.	A. Kö.	5.00	17.5	1.12	147	171	35	42	49	56	2.00	2.40	2.80	3.20
40.	A. Re.	5.08	21.0	1.12	122	166	44	49	53	58	2.10	2.33	2.52	2.76
41.	R. We.	5.17	19.0	1.06	128	166	33	36	39	42	1.83	2.00	2.17	2.33
42.	A. Gü.	5.25	27.5	1.12	150	200	37	42	46	51	1.68	1.91	2.09	2.32
43.	A. Ma.	5.25	18.0	1.09	120	176	56	62	68	74	2.87	3.18	3.49	3.79
44.	J. Ei.	5.33	22.0	1.25	134	176	55	59	64	69	2.75	2.95	3.20	3.45
45.	S. Sc.	5.33	19.5	1.16	105	143	43	50	56	62	2.10	2.44	2.73	3.02
46.	J. Ro.	5.33	20.0	1.12	100	140	42	46	50	54	2.00	2.19	2.38	2.57
47.	J. Ku.	5.42	20.5	1.18	131	166	39	46	53	60	2.00	2.36	2.72	3.08
48.	B. Na.	5.42	21.0	1.14	125	171	56	64	71	79	2.43	2.78	3.09	3.43
49.	B. Di.	5.42	19.5	1.07	140	171	51	57	64	70	2.83	3.17	3.56	3.89
50.	D. Sc.	5.50	23.0	1.20	128	158	49	54	59	64	2.04	2.25	2.46	2.67
51.	A. Gö.	5.50	18.0	1.14	120	147	42	47	51	55	2.10	2.35	2.55	2.75
52.	J. Dr.	5.58	24.0	1.16	122	162	54	59	64	69	2.35	2.57	2.78	3.00
53.	T. Sc.	5.58	20.0	1.13	120	162	52	58	64	71	2.54	2.83	3.12	3.46
54.	T. Gr.	5.67	23.0	1.22	109	154	68	77	86	95	3.16	3.58	4.00	4.42
55.	K. Ge.	5.67	20.5	1.15	125	162	44	50	55	61	2.32	2.63	2.89	3.21
56.	B. Li.	5.67	21.5	1.18	118	140	42	46	49	53	2.05	2.24	2.39	2.59

Vorschulkinder

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	ABSOLUT				PWC ₁₇₀ /kg (Watt)	PWC ₁₈₀ /kg (Watt)	PWC ₁₉₀ /kg (Watt)	PWC ₂₀₀ /kg (Watt)
57.	S. Kr.	5.75	20.5	1.17	118	176	34	38	43	47	1.62	1.81	2.05	2.24
58.	B. La.	5.75	19.0	1.13	122	158	64	72	81	90	2.98	3.35	3.77	4.19
59.	F. Mü.	5.83	21.5	1.14	125	150	47	53	60	66	2.00	2.26	2.55	2.81
60.	A. Mö.	5.83	21.0	1.15	143	187	48	54	59	64	2.82	3.18	3.47	3.76
61.	H. At.	5.92	23.5	1.25	134	171	43	48	54	59	2.26	2.53	2.84	3.11
62.	M. Ka.	5.92	17.0	1.08	113	143	69	78	87	96	2.94	3.32	3.70	4.09
63.	F. Bo.	6.00	23.5	1.21	120	147	56	61	67	74	2.55	2.77	3.05	3.36
64.	C. Fr.	6.00	22.0	1.17	113	147	41	45	49	53	1.95	2.14	2.33	2.52
65.	M. Ka.	6.00	21.0	1.23	118	166	62	69	76	83	2.82	3.14	3.45	3.77
66.	A. Su.	6.00	22.0	1.21	111	143	44	50	57	63	1.87	2.13	2.43	2.68
67.	A. Ma.	6.08	23.5	1.22	137	171	48	54	60	66	2.09	2.35	2.61	2.87
68.	S. Th.	6.08	23.0	1.23	131	171	56	61	67	72	2.43	2.65	2.91	3.13
69.	M. Os.	6.08	23.0	1.23	109	150	49	53	57	61	2.18	2.36	2.53	2.71
70.	T. Ge.	6.08	22.5	1.22	105	158	40	43	47	50	1.95	2.10	2.29	2.44
71.	I. Gr.	6.08	20.5	1.17	113	171	66	75	84	93	3.22	3.66	4.10	4.54
72.	I. Tr.	6.17	20.5	1.20	120	145	44	49	54	59	1.66	1.85	2.04	2.23
73.	O. Ha.	6.17	26.5	1.26	134	187	50	55	60	66	2.17	2.39	2.61	2.87
74.	N. We.	6.17	23.0	1.21	120	166	39	44	48	52	2.00	2.26	2.46	2.67

5
V o r s c h u l k i n d e r

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	A B S O L U T				PWC ₁₇₀ /kg (Watt)	PWC ₁₈₀ /kg (Watt)	PWC ₁₉₀ /kg (Watt)	PWC ₂₀₀ /kg (Watt)		
					HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	PWC ₁₇₀	PWC ₁₈₀	PWC ₁₉₀	PWC ₂₀₀				
75.	M. Gr.	6.17	19.5	1.16	125	171	46	51	56	61	2.04	2.27	2.49	2.71
76.	J. Br.	6.25	22.5	1.23	122	166	44	49	54	59	2.00	2.23	2.45	2.68
77.	R. Sc.	6.25	22.0	1.17	128	171	41	45	49	53	1.95	2.14	2.33	2.52
78.	M. Lo.	6.42	21.0	1.17	118	158	49	55	60	66	2.18	2.44	2.67	2.93
79.	J. Gr.	6.42	22.5	1.23	118	162	60	66	72	78	2.26	2.49	2.72	2.94
80.	B. Le.	6.42	26.5	1.26	113	154	33	38	43	49	1.47	1.69	1.91	2.18
81.	M. Ro.	6.42	22.5	1.21	150	194	52	57	63	68	2.08	2.28	2.52	2.72
82.	S. We.	6.42	25.0	1.21	120	166	61	69	77	86	1.97	2.23	2.48	2.77
83.	C. Ki.	6.58	31.0	1.24	134	171	73	82	91	101	2.52	2.83	3.14	3.48
84.	A. Li.	6.58	29.0	1.27	125	154	63	71	78	85	2.47	2.78	3.06	3.33
85.	M. Du.	6.67	25.5	1.25	120	154	55	59	63	68	2.34	2.51	2.68	2.89
86.	L. Ve.	6.67	23.5	1.23	98	147	52	58	63	69	2.17	2.42	2.63	2.88
87.	H. Mi.	6.67	24.0	1.22	116	158	39	43	47	51	1.86	2.05	2.24	2.43
88.	M. Dö.	6.75	21.0	1.16	128	171	51	56	62	67	2.32	2.55	2.82	3.05
89.	A. Bu.	6.92	22.0	1.22	118	158	37	43	49	55	1.90	2.21	2.51	2.82
90.	B. Gö.	6.92	19.5	1.15	140	171	38	43	48	53	1.38	1.56	1.75	1.93

Grundschnüler



Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	A B S O L U T				PWC ₁₇₀ (Watt)	PWC ₁₈₀ (Watt)	PWC ₁₉₀ (Watt)	PWC ₂₀₀ (Watt)
1.	A. Gr.	8.00	23.5	1.26	118	171	45	50	54	58	1.91	2.13	2.30	2.47
2.	B. Mi.	8.08	31.0	1.29	143	176	55	64	73	82	1.77	2.06	2.35	2.65
3.	L. Je.	8.08	29.5	1.30	143	187	49	56	63	70	1.66	1.90	2.14	2.37
4.	B. Ca.	8.08	26.0	1.30	143	176	49	57	65	73	1.88	2.19	2.50	2.81
5.	K. Ga.	8.08	25.5	1.26	128	162	57	65	73	80	2.24	2.55	2.86	3.14
6.	D. Be.	8.08	32.0	1.39	137	171	63	72	82	91	1.97	2.25	2.56	2.84
7.	B. Al.	8.08	29.0	1.34	140	176	55	63	71	80	1.90	2.17	2.45	2.76
8.	H. Ar.	8.08	18.5	1.17	120	181	33	36	39	42	1.78	1.95	2.11	2.27
9.	M. Pe.	8.08	26.5	1.19	137	187	43	48	52	57	1.62	1.81	1.96	2.15
10.	G. Sa.	8.17	27.0	1.31	140	181	49	55	62	69	1.81	2.04	2.30	2.56
11.	S. Cä.	8.25	25.0	1.28	140	181	43	48	54	60	1.72	1.92	2.16	2.40
12.	G. Bi.	8.25	25.5	1.36	125	154	69	78	87	96	2.71	3.06	3.41	3.76
13.	L. St.	8.33	26.0	1.30	147	176	49	58	67	76	1.88	2.23	2.58	2.92
14.	U. Ka.	8.50	26.0	1.33	125	166	55	62	69	75	2.12	2.38	2.65	2.88
15.	F. El.	8.67	28.0	1.29	134	181	50	55	61	66	1.79	1.96	2.18	2.36
16.	P. Ma.	8.75	26.0	1.21	137	181	45	50	56	62	1.75	1.92	2.15	2.38
17.	J. Ka.	8.83	27.0	1.33	131	176	49	54	60	66	1.81	2.00	2.22	2.44
18.	R. Ga.	8.83	22.5	1.28	145	176	45	50	57	64	1.91	2.22	2.53	2.84
19.	C. Su.	8.92	35.5	1.38	140	181	57	63	70	77	1.61	1.77	1.97	2.17

♀
Grundschulter

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	A B S O L U T				PWC ₁₇₀ (Watt)	PWC ₁₈₀ (Watt)	PWC ₁₉₀ (Watt)	PWC ₂₀₀ (Watt)
20.	S. Ma.	8,92	31,0	1,37	137	176	57	65	73	81	1,84	2,10	2,35	2,61
21.	G. Ma.	9,00	31,0	1,34	150	166	65	81	97	114	2,10	2,61	3,13	3,68
22.	B. Ch.	9,17	24,5	1,30	116	158	59	65	71	77	2,41	2,65	2,90	3,14
23.	B. Be.	9,17	46,0	1,39	143	187	72	87	92	102	1,57	1,89	2,00	2,22
24.	F. Br.	9,25	34,5	1,32	143	171	67	79	91	103	1,94	2,29	2,64	2,99
25.	K. Ch.	9,33	25,5	1,25	143	181	44	51	58	65	1,73	2,00	2,27	2,55
26.	S. Ka.	9,33	23,5	1,28	122	158	55	61	68	75	2,34	2,60	2,89	3,19
27.	B. Mi.	9,42	40,0	1,47	120	162	69	75	81	87	1,73	1,88	2,03	2,18
28.	G. Ch.	9,50	29,0	1,37	143	176	54	63	72	81	1,86	2,17	2,48	2,79
29.	Z. Be.	9,50	34,5	1,42	134	187	57	63	70	77	1,65	1,83	2,03	2,23
30.	B. Bi.	9,50	27,0	1,36	134	166	61	70	79	88	2,26	2,59	2,93	3,26
31.	B. Re.	9,58	32,5	1,29	137	187	52	59	65	71	1,60	1,82	2,00	2,18
32.	S. Ga.	9,58	30,0	1,34	134	176	52	59	65	72	1,73	1,97	2,17	2,40
33.	U. Ma.	9,58	28,0	1,34	125	162	68	77	85	93	2,43	2,75	3,04	3,32
34.	B. Em.	9,58	32,0	1,39	137	181	56	63	70	78	1,75	1,97	2,19	2,44
35.	U. Gu.	9,58	25,0	1,33	147	176	47	56	65	74	1,88	2,24	2,60	2,96
36.	T. Pa.	9,67	36,0	1,45	150	194	51	58	65	72	1,42	1,61	1,81	2,00
37.	H. Su.	9,67	30,5	1,38	140	176	57	66	76	85	1,87	2,16	2,49	2,79
38.	G. Mo.	9,67	32,0	1,39	131	162	74	84	95	106	2,31	2,63	2,97	3,31
39.	B. Ca.	9,75	28,5	1,36	122	158	65	72	80	87	2,28	2,53	2,81	3,05

Grundschiüler

♀

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	PWC ₁₇₀	PWC ₁₈₀	PWC ₁₉₀	PWC ₂₀₀	PWC ₁₇₀ /kg (Watt)	PWC ₁₈₀ /kg (Watt)	PWC ₁₉₀ /kg (Watt)	PWC ₂₀₀ /kg (Watt)
							A B S O L U T							
40.	J. Be.	9.83	27.0	1.41	150	176	49	59	70	81	1.81	2.19	2.59	3.00
41.	B. Be.	9.92	30.5	1.36	140	176	56	64	73	82	1.84	2.10	2.39	2.69
42.	R. Pe.	10.17	29.0	1.36	113	154	69	76	84	91	2.38	2.62	2.90	3.14
43.	F. He.	10.25	40.0	1.38	125	181	71	78	85	92	1.78	1.95	2.13	2.30
44.	W. An.	10.33	42.0	1.41	140	181	74	85	96	107	1.76	2.02	2.29	2.55
45.	K. Cl.	10.33	28.0	1.32	140	181	48	55	61	68	1.71	1.96	2.18	2.43
46.	D. Ca.	10.33	32.0	1.40	109	143	87	96	105	114	2.72	3.00	3.28	3.56
47.	H. Ch.	10.33	26.0	1.38	118	158	64	71	78	85	2.46	2.73	3.00	3.27
48.	B. Cl.	10.42	31.0	1.31	143	166	70	85	99	114	2.26	2.74	3.19	3.68
49.	A. Ma.	10.42	47.0	1.46	140	181	80	90	101	112	1.70	1.91	2.15	2.38
50.	H. Ki.	10.50	44.0	1.45	154	187	67	80	94	108	1.52	1.82	2.14	2.45
51.	D. Co.	10.50	39.0	1.48	131	187	66	73	80	87	1.69	1.87	2.05	2.23
52.	A. Cl.	10.50	39.0	1.50	143	181	71	81	91	101	1.82	2.08	2.33	2.59
53.	J. Ke.	10.58	50.0	1.44	120	171	94	103	112	121	1.88	2.06	2.24	2.42
54.	Z. An.	10.58	38.0	1.46	140	171	76	88	101	114	2.00	2.32	2.66	3.00
55.	P. Su.	10.67	29.0	1.33	128	171	58	66	73	81	2.00	2.28	2.52	2.79
56.	C. Be.	10.67	34.0	1.48	147	171	64	77	91	105	1.88	2.26	2.68	3.09
57.	D. Ma.	10.75	30.0	1.40	162	187	41	52	64	76	1.37	1.73	2.13	2.53
58.	f. Ma.	10.75	33.5	1.42	147	181	55	64	73	83	1.64	1.91	2.18	2.48
59.	K. An.	10.92	40.0	1.45	131	181	72	80	88	96	1.80	2.00	2.20	2.40

Grundschüler

♀

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	A B S O L U T				PWC ₁₇₀ (Watt)	PWC ₁₈₀ (Watt)	PWC ₁₉₀ (Watt)	PWC ₂₀₀ (Watt)
60.	P. Ka.	10.92	45.0	1.56	134	176	83	93	104	115	1.84	2.07	2.31	2.56
61.	H. An.	10.92	34.0	1.45	137	162	71	82	93	104	2.09	2.41	2.74	3.06
62.	S. Na.	11.00	47.0	1.49	150	176	75	89	102	116	1.60	1.89	2.17	2.47
63.	W. Cl.	11.00	41.0	1.54	120	181	73	79	86	92	1.78	1.93	2.10	2.24
64.	B. Su.	11.33	58.5	1.58	147	194	88	101	113	126	1.50	1.73	1.93	2.15
65.	W. As.	11.33	39.0	1.50	118	171	71	78	84	91	1.82	2.00	2.15	2.33
66.	W. Sa.	11.33	44.0	1.57	134	176	81	91	101	111	1.84	2.07	2.30	2.52
67.	U. Su.	11.42	30.0	1.37	143	176	54	63	72	81	1.80	2.10	2.40	2.70
68.	E. Ir.	11.42	33.0	1.44	128	166	68	76	84	93	2.06	2.30	2.55	2.82
69.	H. Sa.	11.50	39.0	1.55	118	166	83	92	100	108	2.13	2.36	2.56	2.77
70.	G. Ca.	11.50	33.5	1.38	131	166	63	70	77	85	1.88	2.09	2.30	2.54
71.	S. An.	11.58	33.0	1.45	137	166	70	81	92	104	2.12	2.45	2.79	3.15
72.	G. Ch.	11.58	36.0	1.45	137	176	65	75	85	94	1.81	2.08	2.36	2.61
73.	N. Re.	11.67	43.0	1.46	150	187	69	81	92	104	1.60	1.88	2.14	2.42
74.	K. Ma.	11.67	44.0	1.55	158	181	65	83	100	117	1.48	1.89	2.27	2.66
75.	W. Ma.	11.67	32.0	1.45	154	187	47	56	66	75	1.47	1.75	2.06	2.34
76.	U. Ma.	11.75	34.5	1.44	140	176	64	73	82	92	1.86	2.12	2.38	2.67
77.	W. An.	11.75	37.0	1.52	147	194	57	65	73	81	1.54	1.76	1.97	2.19
78.	C. Cl.	11.83	33.0	1.42	134	181	56	62	69	76	1.70	1.88	2.09	2.30
79.	L. El.	11.83	47.0	1.48	137	171	90	104	118	132	1.91	2.21	2.51	2.81
80.	K. Re.	11.83	45.0	1.60	140	181	81	94	107	120	1.80	2.09	2.38	2.67
81.	G. Br.	11.92	51.0	1.56	137	187	83	92	102	112	1.63	1.80	2.00	2.20

♂
Grundschnler

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	PWC ₁₇₀	PWC ₁₈₀	PWC ₁₉₀	PWC ₂₀₀	PWC ₁₇₀ /kg (Watt)	PWC ₁₈₀ /kg (Watt)	PWC ₁₉₀ /kg (Watt)	PWC ₂₀₀ /kg (Watt)
82.	H. Jo.	8.00	24.5	1.27	120	158	59	66	72	79	2.41	2.69	2.94	3.22
83.	F. Ul.	8.00	28.0	1.26	134	162	64	73	83	93	2.29	2.61	2.96	3.32
84.	R. Jö.	8.00	36.0	1.37	122	166	77	86	94	103	2.14	2.39	2.61	2.86
85.	N. Mi.	8.08	26.0	1.21	122	166	57	63	70	76	2.19	2.42	2.69	2.92
86.	K. Gü.	8.08	24.0	1.25	120	154	59	65	72	79	2.46	2.71	3.00	3.29
87.	S. Ol.	8.08	32.5	1.30	137	171	63	72	81	90	1.94	2.22	2.49	2.77
88.	M. Uw.	8.17	21.0	1.24	140	176	42	48	55	61	2.00	2.29	2.62	2.90
89.	P. An.	8.17	24.0	1.19	128	150	69	79	90	101	2.88	3.29	3.75	4.21
90.	U. Gr.	8.25	29.0	1.31	122	166	63	70	77	85	2.17	2.41	2.66	2.93
91.	H. Ul.	8.25	23.0	1.26	137	166	50	59	67	75	2.17	2.57	2.91	3.26
92.	B. Ma.	8.25	28.5	1.35	150	187	46	54	63	71	1.61	1.89	2.21	2.49
93.	S. Mi.	8.25	24.5	1.27	137	162	59	70	81	92	2.41	2.86	3.31	3.76
94.	K. Ma.	8.33	25.5	1.28	140	166	56	66	77	87	2.20	2.59	3.02	3.41
95.	J. St.	8.33	26.0	1.22	118	158	61	68	74	81	2.35	2.62	2.85	3.12
96.	G. Th.	8.50	32.0	1.29	118	158	75	83	92	100	2.34	2.59	2.88	3.13
97.	K. Fr.	8.67	32.0	1.34	137	162	74	87	100	113	2.31	2.72	3.13	3.53
98.	D. Ax.	8.67	28.0	1.29	116	166	63	69	75	81	2.25	2.46	2.68	2.89
99.	S. St.	8.67	28.0	1.37	128	162	63	71	79	87	2.25	2.54	2.82	3.11
100.	H. De.	8.75	33.0	1.42	128	171	64	72	79	87	1.94	2.18	2.39	2.64
101.	K. Th.	8.92	26.0	1.29	143	194	41	47	53	58	1.58	1.81	2.04	2.23

♂
Grundschiüler

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	A B S O L U T				PWC ₁₇₀ (Watt)	PWC ₁₈₀ (Watt)	PWC ₁₉₀ (Watt)	PWC ₂₀₀ (Watt)
							PWC ₁₇₀	PWC ₁₈₀	PWC ₁₉₀	PWC ₂₀₀	PWC ₁₇₀ /kg	PWC ₁₈₀ /kg	PWC ₁₉₀ /kg	PWC ₂₀₀ /kg
102.	R. Th.	9.00	32.0	1.41	118	162	69	76	83	90	2.16	2.38	2.59	2.81
103.	H. St.	9.00	27.0	1.34	122	158	65	72	80	88	2.41	2.67	2.96	3.26
104.	R. Gü.	9.17	24.5	1.30	137	154	61	72	83	94	2.49	2.94	3.39	3.84
105.	B. St.	9.25	30.0	1.38	128	166	64	73	81	90	2.13	2.43	2.70	3.00
106.	P. Pe.	9.25	31.0	1.40	140	171	63	73	84	95	2.03	2.35	2.71	3.06
107.	K. Ch.	9.42	30.5	1.36	122	158	71	80	89	97	2.33	2.62	2.92	3.18
108.	K. Jo.	9.42	34.5	1.35	120	171	68	75	82	89	1.97	2.17	2.38	2.58
109.	A. Em.	9.50	35.0	1.34	122	171	69	76	84	91	1.97	2.17	2.40	2.60
110.	P. Pe.	9.50	41.0	1.37	150	187	61	71	81	91	1.49	1.73	1.98	2.22
111.	L. Be.	9.50	38.0	1.39	154	181	62	75	89	102	1.63	1.97	2.34	2.68
112.	P. St.	9.58	27.0	1.29	118	137	100	113	127	141	3.70	4.19	4.70	5.22
113.	W. Ol.	9.67	38.0	1.38	137	181	68	76	85	94	1.79	2.00	2.24	2.47
114.	G. Ra.	9.67	34.0	1.34	120	154	89	99	110	121	2.62	2.91	3.24	3.56
115.	T. An.	9.67	41.5	1.50	140	166	90	105	120	136	2.17	2.53	2.89	3.28
116.	P. Fr.	9.75	32.0	1.37	128	162	69	78	87	95	2.16	2.44	2.72	2.97
117.	H. Ma.	9.83	38.0	1.42	131	162	86	98	111	124	2.26	2.58	2.92	3.26
118.	L. Th.	9.83	27.0	1.35	143	166	61	72	83	95	2.26	2.67	3.07	3.52
119.	M. Ra.	9.92	35.0	1.38	158	181	53	69	84	100	1.51	1.97	2.40	2.86
120.	H. Ol.	9.92	29.0	1.34	116	162	67	74	81	88	2.31	2.55	2.79	3.03
121.	K. Ca.	10.08	33.5	1.42	131	166	70	78	87	96	2.09	2.33	2.60	2.87

♂

Grundschüler

Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/kg	A B S O L U T	PWC ₁₇₀ (Watt)	PWC ₁₈₀ (Watt)	PWC ₁₉₀ (Watt)	PWC ₂₀₀ (Watt)
122.	R. Ma.	10.17	24.0	1.29	128	176		1.96	2.17	2.38	2.58
123.	L. Ch.	10.17	36.0	1.44	131	158		2.42	2.78	3.14	3.50
124.	D. Pe.	10.33	28.0	1.35	137	166		2.14	2.50	2.86	3.18
125.	W. Ma.	10.33	34.0	1.50	143	187	47	1.59	1.82	2.03	2.26
126.	K. Ma.	10.33	27.0	1.34	147	166	52	2.37	2.93	3.52	4.11
127.	G. Be.	10.50	32.0	1.45	137	181	100	1.72	1.94	2.19	2.41
128.	S. Ma.	10.50	31.5	1.36	122	162	70	2.29	2.54	2.79	3.05
129.	N. Ch.	10.50	36.0	1.45	113	150	80	2.58	2.86	3.14	3.42
130.	G. Mi.	10.50	34.0	1.45	113	154	103	2.32	2.53	2.76	3.00
131.	B. An.	10.67	34.0	1.37	158	187	86	1.38	1.71	2.03	2.38
132.	K. Th.	10.67	40.0	1.53	125	171	94	1.98	2.18	2.40	2.60
133.	P. Ma.	10.67	36.0	1.49	128	176	96	1.92	2.11	2.31	2.53
134.	W. Mi.	10.75	28.0	1.41	118	154	83	2.46	2.75	3.00	3.29
135.	K. Ma.	10.75	45.0	1.52	137	181	77	1.76	1.96	2.16	2.38
136.	L. Ch.	10.83	29.0	1.39	120	150	88	2.55	2.86	3.17	3.48
137.	W. Ma.	10.75	38.0	1.44	128	171	83	2.11	2.37	2.63	2.92
138.	B. Ma.	10.92	30.0	1.44	111	150	90	2.43	2.70	2.93	3.17
139.	A. St.	10.92	28.0	1.37	128	162	81	2.36	2.64	2.96	3.29
140.	H. Se.	11.00	29.0	1.43	137	171	74	2.00	2.31	2.59	2.90
141.	S. Mi.	11.00	39.0	1.45	154	181	83	1.56	1.92	2.28	2.64

Grundschüler



Lfd.Nr.	Name	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	HF/min 1 W/kg	HF/min 2 W/min	A B S O L U T				PWC ₁₇₀ /kg (Watt)	PWC ₁₈₀ /kg (Watt)	PWC ₁₉₀ /kg (Watt)	PWC ₂₀₀ /kg (Watt)
142.	K. Th.	11.00	34.0	1.45	122	158	78	87	97	106	2.29	2.56	2.85	3.12
143.	H. Ti.	11.08	32.0	1.46	125	158	77	87	97	107	2.41	2.72	3.03	3.34
144.	W. Sv.	11.17	35.0	1.54	120	154	83	92	102	112	2.37	2.63	2.91	3.20
145.	T. Ha.	11.25	30.0	1.40	118	150	77	85	94	103	2.57	2.83	3.13	3.43
146.	K. Wo.	11.25	42.0	1.48	120	154	113	127	140	155	2.69	3.02	3.33	3.69
147.	G. An.	11.25	43.0	1.55	140	176	84	97	110	123	1.95	2.26	2.56	2.86
148.	U. An.	11.25	34.0	1.46	128	171	67	75	83	93	1.97	2.21	2.44	2.68
149.	V. Sv.	11.33	38.0	1.47	111	158	89	98	107	115	2.34	2.58	2.82	3.03
150.	G. Ma.	11.33	39.0	1.40	137	171	76	86	97	108	1.95	2.21	2.49	2.77
151.	R. Ch.	11.42	36.0	1.42	111	147	98	108	118	129	2.72	3.00	3.28	3.58
152.	U. An.	11.42	54.0	1.60	140	176	105	121	137	154	1.94	2.24	2.54	2.85
153.	B. Ro.	11.50	35.0	1.47	125	166	73	81	89	97	2.09	2.31	2.54	2.77
154.	U. Cl.	11.58	47.0	1.63	134	166	98	111	125	139	2.09	2.36	2.66	2.96
155.	P. An.	11.58	46.0	1.53	125	166	100	112	125	137	2.17	2.43	2.72	2.98
156.	W. An.	11.67	34.0	1.37	116	150	89	99	109	119	2.62	2.91	3.21	3.50
157.	E. Rü.	11.83	38.0	1.48	134	171	77	87	98	108	2.03	2.29	2.58	2.84
158.	L. Cl.	11.83	39.0	1.55	100	143	105	114	124	134	2.69	2.92	3.18	3.44
159.	K. Wo.	11.92	50.0	1.62	143	181	85	97	111	124	1.70	1.94	2.22	2.48
160.	D. Th.	11.92	41.0	1.55	134	166	88	100	112	124	2.15	2.44	2.73	3.02
161.	J. Ma.	11.92	28.0	1.41	120	150	76	86	96	106	2.71	3.07	3.43	3.79
162.	H. Ol.	11.92	39.0	1.55	134	154	103	121	139	157	2.64	3.10	3.56	4.03

Umrechnungstabelle HF

3	200	4	150	5	120	6	100
3 ₁	194	4 ₁	147	5 ₁	118	6 ₁	98
3 ₂	187	4 ₂	143	5 ₂	116	6 ₂	97
3 ₃	181	4 ₃	140	5 ₃	113	6 ₃	95
3 ₄	176	4 ₄	137	5 ₄	111	6 ₄	93
3 ₅	171	4 ₅	134	5 ₅	109	6 ₅	91
3 ₆	166	4 ₆	131	5 ₆	107	6 ₆	90
3 ₇	162	4 ₇	128	5 ₇	105	6 ₇	89
3 ₈	158	4 ₈	125	5 ₈	104	6 ₈	88
3 ₉	154	4 ₉	122	5 ₉	102	6 ₉	87

Umrechnungstabelle Bremskraft (kp) - Umdrehungen (U) - Leistung (W)

U	0.5 kp	0.75 kp	1 kp	1.5 kp
	<u>W</u>	<u>W</u>	<u>W</u>	<u>W</u>
34	17	25.5	34	51
35	17.5	26.25	35	52.5
36	18	27	36	54
37	18.5	27.75	37	55.5
38	19	28.5	38	57
39	19.5	29.25	39	58.5
40	20	30	40	60
41	20.5	30.75	41	61.5
42	21	31.5	42	63
43	21.5	32.25	43	64.5
44	22	33	44	66
45	22.5	33.75	45	67.5
46	23	34.5	46	69
47	23.5	35.25	47	70.5
48	24	36	48	72
49	24.5	36.75	49	73.5
50	25	37.5	50	75
51	25.5	38.25	51	76.5
52	26	39	52	78
53	26.5	39.75	53	79.5
54	27	40.5	54	81
55	27.5	41.25	55	82.5
56	28	42	56	84
57	28.5	42.75	57	85.5
58	29	43.5	58	87
59	29.5	44.25	59	88.5
60	30	45	60	90
61	30.5	45.75	61	91.5
62	31	46.5	62	93
63	31.5	47.25	63	94.5
64	32	48	64	96
65	32.5	48.75	65	97.5
66	33	49.5	66	99
67	33.5	50.25	67	100.5
68	34	51	68	102
69	34.5	51.75	69	103.5
70	35	52.5	70	105

LEBENS L A U F

- 17.5.1942: geboren in Berlin
- 1948 - 1954: Grundschule in Berlin
- 1954 - 1959: Gymnasium/Realschule in Berlin
- 1959 - 1962: Lehre und Abschlußprüfung zum Versicherungs-
kaufmann
- 1962 - 1965: Berufstätigkeit als Versicherungskaufmann
- 1966 - 1968: Besuch des Berlin-Kollegs
- 1968: Erwerb der Hochschulreife
- 1968 - 1974: Studium der Fächer Leibeserziehung, Geschichte
und Sozialkunde an der Freien Universität
Berlin
- 1975: 1. Staatsprüfung für das Amt des Studien-
rats
- 1975 - 1977: Referendarausbildung
- 1977: 2. Staatsprüfung für das Amt des Studien-
rats
- seit 1978: Studienrat an der Rheingau-Schule (OG)
in Berlin-Schöneberg
- seit 1981: Fachseminarleiter Sport im 3. Schulprak-
tischen Seminar Berlin-Schöneberg (S)

DVG

Dissertationsdruck-
und Verlags GmbH

Pestalozzistr.106/Ecke Bleibtreustraße

Tel.: 030/312 88 85 313 40 45

DVG *Dissertationsdruck-
und Verlags GmbH*
Pestalozzistr. 106/Ecke Bleibtreustraße
Tel.: 030/312 88 85 313 40 45